


مركز دراسات الوحدة العربية
مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الأول

علم الفلك النظري والتطبيقي

الهيئة • آلات الأظلال والميقات • الجغرافيا الرياضية • علوم البحار

إشراف: رشدي راشد



مركز دراسات الوحدة العربية



مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الأول

علم الفلك النظري والتطبيقي

الهيئة • آلات الأظلال والميقات • الجغرافيا الرياضية • علوم البحار

إشراف : رشدي راشد

موسوعة
تاريخ العلوم العربية

الجزء الأول

علم الفلك النظري والتطبيقي

تم ترجمة هذه الموسوعة إلى العربية ونشرها

بدعم من المؤسسة الثقافية العربية

ومن مؤسسة عبد الحميد شومان





مركز دراسات الوحدة العربية

مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة
تاريخ العلوم العربية

الجزء الأول

علم الفلك النظري والتطبيقي

الهيئة • آلات الأظلال والميقات • الجغرافيا الرياضية • علوم البحار

إشراف : رشدي راشد

بمعاونة : ريجيس مورلون

الفهرسة أثناء النشر ـ إعداد مركز دراسات الوحدة العربية

موسوعة تاريخ العلوم العربية/ إشراف رشدي راشد، بمعاونة ريجيس مورلون.

٣ ج. ـ (سلسلة تاريخ العلوم العربية؛ ٤)

يشتمل على فهارس.

ISBN 9953-450-71-4 (Vol. 1)

ISBN 9953-450-74-9 (Set)

محتويات: ج ١. علم الفلك النظري والتطبيقي. ـ ج ٢. الرياضيات والعلوم الفيزيائية. ـ ج ٣. التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة.

١. العلوم عند العرب ـ الموسوعات. أ. راشد، رشدي (مشرف). ب. مورلون، ريجيس (مشرف). ج. السلسلة.

503

«الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة عن اتجاهات يتبناها مركز دراسات الوحدة العربية»

مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «سادات تاور» شارع ليون ص.ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣

الحمراء ـ بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ ـ لبنان

تلفون: ٨٦٩١٦٤ ـ ٨٠١٥٨٢ ـ ٨٠١٥٨٧

برقياً: «مرعربي» ـ بيروت

فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)

e-mail: info@caus.org.lb

Web Site: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى: بيروت، ١٩٩٧

الطبعة الثانية: بيروت، شباط/فبراير ٢٠٠٥

المـؤلـفـون

ـ **رشدي راشد**: مدير مركز تاريخ العلوم والفلسفات العربية والعصر الوسيط (المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي)؛ مدير أبحاث في المركز الوطني للبحث العلمي ـ باريس؛ أستاذ في جامعة طوكيو؛ مدير تحرير مجلة **العلوم والفلسفة العربية** (جامعة كامبريدج)؛ عضو الأكاديمية الدولية لتاريخ العلوم؛ عضو مراسل في مجمع اللغة العربية في القاهرة، وعضو أكاديمية علوم العالم الثالث.

ـ **ريجيس مورلون**: باحث في المركز الوطني للبحث العلمي ـ باريس، ومدير المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية ـ القاهرة.

ـ **جورج صليبا**: أستاذ في جامعة كولومبيا ـ الولايات المتحدة الأمريكية.

ـ **داڤيد كينغ**: معهد تاريخ العلوم، جامعة جوان ووُلفغانغ، غوته ـ فرانكفورت ـ ألمانيا.

ـ **هنري هوغونار ـ روش**: مدير أبحاث في المعهد التطبيقي للدراسات العليا ـ باريس.

ـ **إدوار س. كينيدي**: أستاذ في الجامعة الأميركية في بيروت.

ـ **هنري غروسّي ـ غرانج**: قبطان إبحارات بعيدة المدى ـ فرنسا، متوفّى.

ـ **برنار ر. غولدشتاين**: أستاذ في جامعة بيتسبورغ.

ـ **خوان ڤيرني**: أستاذ في جامعة برشلونة.

ـ **خوليو سامسو**: أستاذ في جامعة برشلونة.

ـ **أحمد سعيد سعيدان**: أستاذ في جامعة الأردن ـ عمّان، متوفّى.

ـ **بوريس أ. روزنفيلد**: قسم الرياضيات، الجامعة الرسمية ـ بانسيلڤانيا ـ الولايات المتحدة الأمريكية.

- **أدولف ب. يوشكفيتش**: عضو أكاديمية العلوم الروسية ورئيس الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم.

- **ماري تيريز ديبارنو**: أستاذة الرياضيات في معهد هنري الرابع - باريس.

- **أندريه آلار**: المؤسسة الوطنية للبحث العلمي (FNRS) البلجيكية، لوڤان - بلجيكا.

- **جان كلود شابرييه**: باحث في المركز الوطني للبحث العلمي - فرنسا.

- **ماريا م. روزنسكايا**: أكاديمية العلوم الروسية - موسكو.

- **غول أ. راسل**: قسم العلوم الانسانية في الطب، جامعة «A & M»، تكساس - الولايات المتحدة الأمريكية.

- **دايڤيد ليندبرغ**: قسم تاريخ العلوم، جامعة ويسكونسين - الولايات المتحدة الأمريكية.

- **دونالد هيل**: أستاذ في يونيفرسيتي كولدج - لندن، متوفى.

- **أندريه ميكال**: كولّيج دو فرانس (Collège de France) - باريس.

- **توفيق فهد**: أستاذ في جامعة ستراسبورغ.

- **جورج قنواتي**: مؤسس المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية في القاهرة، متوفّى.

- **روبير هالّو**: أستاذ في جامعة لياج - بلجيكا.

- **إميلي ساڤاج - سميث**: معهد وَلْكَم لتاريخ الطب - أوكسفورد.

- **دانيال جاكار**: مديرة أبحاث في المعهد التطبيقي للدراسات العليا - باريس.

- **فرانسواز ميشو**: أستاذة في جامعة باريس.

- **جان جوليڤه**: مدير أبحاث في المعهد التطبيقي للدراسات العليا - باريس.

- **محسن مهدي**: أستاذ في جامعة هارفرد - الولايات المتحدة الأمريكية.

المترجمون

فريق القراءة في التراث العلمي:

ـ د. **نقولا فارس**: قسم الرياضيات، كلية العلوم، الجامعة اللبنانية؛ قسم الرياضيات، جامعة ريمس ـ فرنسا، والمنسق العام لترجمة موسوعة تاريخ العلوم العربية.

ـ د. **بدوي المبسوط**: أستاذ في جامعة باريس (٦).

ـ د. **نزيه عبد القادر المرعبي**: قسم الكيمياء، كلية الهندسة، الجامعة اللبنانية.

ـ د. **شكر الله الشالوحي**: قسم الفيزياء، الجامعة اللبنانية.

ساهم في الترجمة:

ـ د. **عطا جبّور**: عميد كلية الهندسة، الجامعة اللبنانية.

ـ أ. **منى غانم**: أستاذة رياضيات في التعليم الثانوي.

ـ د. **توفيق كرباج**: رئيس قسم النظريات الموسيقية في المعهد العالي الوطني للموسيقى ـ لبنان.

ـ د. **جوزف إليان**: قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة اللبنانية.

ـ د. **سيف الدين الضناوي**: قسم العلوم الطبيعية ـ علم النبات، الجامعة اللبنانية.

ـ د. **حنا مراد**: طبيب جراح ومدير مستشفى في ايبيرنيه، شامباني ـ فرنسا.

المحتويات

الجزء الأول
علم الفلك النظري والتطبيقي

الجـزء الـثانـي
الرياضيات والعلوم الفيزيائية
(يصدر في جزء مستقل)

الجزء الثالث

التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة

(يصدر في جزء مستقل)

المقدمة العامة

رشدي راشد(*)

منذ أن رأى تاريخ العلوم النور كحقل معرفة في القرن الثامن عشر، آخذاً مكانه في القلب من «فلسفة التنوير»(1)، لم ينقطع اهتمام فلاسفة ومؤرخي العلوم بالعلم العربي(2) وتوسلهم لدراسته، أو لدراسة بعض فصوله على الأقل. فعلى غرار كوندورسيه، رأى بعضهم في العلم العربي استمراراً لتقدم «الأنوار»(3) في فترة هيمنت فيها «الخرافات والظلمات»؛ أما البعض الآخر مثّل مونتوكلا خاصة، فقد اعتبر دراسته ضرورة لا لرسم معالم اللوحة التاريخية الإجمالية لتطور العلوم، بل لتثبيت وقائع تاريخ كلٍ من الفروع العلمية. لكن الفلاسفة، والمؤرخين، لم يتلقوا من العلم العربي سوى أصداء حملتها إليهم الترجمات اللاتينية القديمة. وهنا يلزم الاحتراز من إفراط في التعميم أو من خطأ في الرؤية، كما يتوجب التذكير بأن الصلات بين المواد العلمية وتاريخها ليست دائماً متساوية. فعلم الفلك، مثلاً، هو من بين العلوم ـ الرياضية على الأقل ـ الأوثق ارتباطاً بتاريخه. إن ضرورة اطلاع الفلكي على قيم أرصاد أسلافه المختزنة في الكتب على امتداد الزمن، تكفي لتفسير وثاقة هذا الارتباط. لذا بدا علم الفلك العربي مميزاً بما ناله من اهتمام مبكر من المؤرخين أمثال كوسين دو پرسيڤال (Caussin de Perceval) وديلمبر(Delambre) وخاصة

(*) مدير مركز تاريخ العلوم والفلسفات العربية والعصر الوسيط (المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي) وأستاذ في جامعة طوكيو.

قام بترجمة هذه المقدمة العامة نقولا فارس.

(1) هي الفلسفة التي طبعت القرن الثامن عشر في أوروبا الغربية بحيث سمّي هذا القرن نفسه بـ «قرن التنوير». من أعلامها: فولتير، ديدرو، روسو، ومونتسكيو... (المترجم).

(2) يُقصد بهذا التعبير العلم المكتوب بالعربية، كما يُقصد بتعبير «العلم اليوناني» العلم المكتوب باليونانية، وقس على ذلك.

(3) انظر الهامش رقم (1) أعلاه.

ج. ج. سيديّو (J. J. Sédillot)، هذا إذا اقتصرنا على ذكر علماء فرنسيين من مطلع القرن التاسع عشر.

وما لبثت صورة العلم العربي فيما بعد، في مجرى ذلك القرن نفسه أن تعرضت لتحولات واكتست بشوائب. فالفلسفة الرومانسية الألمانية والمدرسة الفلسفية «اللغوية» التي تولدت منها، أعطت العلوم التاريخية دفعاً قوياً وتوسعاً كبيراً، استفاد تاريخ العلم العربي منه في مرحلة أولى قبل أن يصبح من ضحاياه لاحقاً. فانسجاماً مع هذه الفلسفة نشطت دراسة النصوص الإغريقية واللاتينية بحيث لم يعد بالإمكان الاستغناء عن دراسة المؤلفات العربية[٤]. ولكن «دراسة التاريخ بواسطة اللغات»، وهي الاتجاه الفلسفي الذي ركزنا عليه في غير هذا المكان[٥]، كانت بمثابة شرك بدأ يحاك معرّضاً دراسة تاريخ العلم العربي لحركة تقهقر فعلي. فمن الوجهة «الشرعية» لهذه الفلسفة، فقد العلم العربي حقه في الوجود بينما كان الواقع يفرضه على المؤرخين الذين كان يتزايد رجوعهم إليه.

لم يقتصر وجود هذا التناقض على مؤلفات في الدرجة الثانية من الأهمية فحسب، بل نراه يخترق من البداية إلى النهاية مؤلّفاً هائلاً مثل **نظام العالم** *(Système du monde)* لبيير دوهيم (Pierre Duhem). إنه، في العمق، تناقض حتمي، فمهما كانت القناعات العقائدية لمؤرخ العلوم، لم يكن باستطاعته تفادي العلم العربي لدى تصديه لوقائع المادة العلمية التي هو بصدد رسم تاريخها. إن هذا المؤرخ، انسياقاً مع خط عقيدة «الإنتماء الغربي للعلوم»، يستطيع أن يرى في العلم العربي خزاناً حفظت فيه العلوم الهلّينستية، أو أن يعتبره، بشكل ما، علماً هلّينستياً محدثاً: فالعلم، كنظرية، يوناني؛ وهو من حيث التجربة والتطبيق، وليد القرن السابع عشر. أما العلم العربي حسب هذه العقيدة، فقد يشكل حقلاً للتنقيب يحفر فيه المؤرخ بحثاً عن آثار الحضارة اليونانية. وغالباً ما أدت ممارسات كهذه إلى تشويه نتائج العلم اليوناني وتلك العائدة للقرن السابع عشر على السواء. وكان هذا التشويه حتمياً؛ فلا بد من التواء السلسلة التاريخية المتواصلة إذا ما ضُمّت حلقتان متباعدتان من حلقاتها. كما أدت هذه الممارسات من ناحية أخرى وبنسب متفاوتة، إلى هفوات كبيرة لا على صعيد تفسير هذه النتائج وتأويلها فحسب، بل أيضاً على صعيد إدراكها. إن مثل هذه النظرات العقائدية هي التي منعت كارا دو ڤو (Carra de Vaux) ـ مترجم النص الفلكي لنصيرالدين

---

(٤) انظر، مثلاً، مؤلفات: ج. ليبري (G. Libri) وب. بونكومبانيي (B. Boncompagni) وم. كروتز (M. Crutz) وا. ل. هايبرغ (I. L. Heiberg).

(٥) رشدي راشد، **تاريخ الرياضيات العربية بين الحساب والجبر**، ترجمة حسين زين الدين، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب؛ ١ (بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية، ١٩٨٩)، وهو ترجمة عن الأصل الفرنسي: *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes* (Paris: Les Belles lettres, 1984).

الطوسي ـ والتي منعت المؤرخ المعروف ب. تانّري (P. Tannery) ـ الذي يستشهد به ـ من أن يتنبها إلى التجديد الذي حواه هذا النص والذي أشار إليه أ. نوجبُور (O. Neugebauer) فيما بعد. ولكن مؤرخ العلوم الكلاسيكية تمكن من القطع مع هذه العقيدة. فمع ألكسندر ڤون همبولدت (A. Von Humboldt)، رأت النور ممارسة تاريخية أخرى، معاصرة للأولى، حيث ـ تأثراً بأفكاره ـ آلى عدد من العلماء على أنفسهم القيام بدراسة مباشرة ومجددة لتاريخ العلوم العربية. نذكر منهم ف. ويكيه (F. Woepcke) ول. أ. سيديو (L. A. Sédillot) اللذين توبعت مهماتهما في ما بعد من قبل نالّينو (Nallino) ووايدمان (Wiedemann) وسوتر (Suter) وروسكا (Ruska) وكاربنسكي (Karpinsky) وهيرشبرغ (Hirchberg) وكراوس (Kraus) ولوكي (Luckey) ونظيف (Nazif)... الخ، مما أدى، ابتداءً من خمسينيات هذا القرن، إلى تسارع لم يسبق له مثيل لهذا التيار من البحث التاريخي.

إن هذه الأعمال المتراكمة منذ بضع عشرات من السنين، تفتح الطريق أمام معرفة أفضل لتاريخ العلم العربي ولإسهامه في العلم الكلاسيكي. إنها تسمح أيضاً بإدراك إحدى الميزات الأساسية لهذا العلم، وهي ميزة بقيت إلى الآن في الظل. ففي العلم العربي تحقق ما كان يوجد كُموناً في العلم الإغريقي: فما نجده عند العلماء اليونانيين اتجاهاً جنينياً لتخطي حدود منطقة ما ولكسر طوق ثقافة معينة وتقاليدها ولاكتساء أبعاد عالم بأسره، نراه وقد أصبح واقعاً مكتملاً في «علم تطور حول منطقة البحر المتوسط لا كرقعة جغرافية وحسب، إنما كبؤرة تواصل وتبادل لكل الحضارات في مركز العالم القديم وعلى أطرافه»[٦].

«عالمي»، هي صفة بإمكاننا اليوم استخدامها لوصف العلم العربي. إنه عالمي بمصادره ومنابعه، بتطوراته وامتداداته. وعلى الرغم من أن هذه المصادر هي يونانية غالباً، إلا أنها تحوي كتابات سريانية وسنسكريتية وفارسية. وبديهي ألا تتعادل هذه الإسهامات من حيث تأثيرها، إلا أن تعدديتها كانت أساسية في تكوّن العلم العربي. وحتى في مجال الرياضيات حيث يمكن من دون أي حرج نعت العلم العربي بـ «وريث» العلم اليوناني، يتعين على المستقصي عن الفهم بالعمق، العودة إلى المصادر الأخرى. ففي الفصل المتعلق بعلم الفلك، سنرى مثلاً، أهمية الجذور الهندية والفارسية التي لا تطال علم فلك الأرصاد والحسابات فحسب، إنما تتعداه إلى مجال تصور التشكيل الجديد لعلم الفلك البطلمي.

وهنا، ضمن هذا الإطار الجديد، مهما بلغت أهمية نقل النتائج العلمية، فإنها لن تصل إلى مستوى تلك التي يرتديها إفساح المجال أمام اشتراك، واندماج، تقاليد علمية مختلفة غدت موحدة تحت قبة الحضارة الإسلامية الواسعة. الجديد في هذه الظاهرة أنها لم تعد

(٦) المصدر نفسه.

ثمرة صدف لقاءات أو نتاج مرور منتظم أو غير منتظر لقوافل أو لبحّارة؛ إنها النتيجة المتعمدة لحركة ترجمة كثيفة، علمية وفلسفية، قام بها محترفون ـ في نوع من التنافس أحياناً ـ مدعومة من السلطة ومدفوعة بالبحث العلمي نفسه، مولّدة مكتبة تتناسب مع حجم عالَم تلك الحقبة. وهكذا غدت تقاليد علمية مختلفة الأصول واللغات عناصر من حضارة لغتها العلمية هي العربية، وأضحت تمتلك وسائل تأثير فيما بينها مكّنتها من التوصل إلى طرق جديدة، بل أحياناً إلى حقول علمية جديدة (انظر مثلاً الفصل الحادي عشر: الجبر). إن الدراسة الاجتماعية للعلم العربي لا بد من أن توضح لنا في يوم ما، دور المجتمع والمدينة الإسلامية في هذه الحركة التاريخية. عند ذلك قد نستطيع أن نفهم كيف تمكنت من الالتقاء والتزاوج، تيارات علمية كانت مستقلة إلى ذلك الحين.

إن هذه السمة التي طبعت المراحل الأولى من العلم العربي، استمرت تتأكد فيما بعد. فلقد تابع علماء القرنين الحادي عشر والقرن الثاني عشر مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها في الأماكن الأخرى وفي توسيعها ودمجها في بنىً نظرية، غالباً ما كانت غريبة عن حقولها الأصلية. إن هذه الظاهرة التي نلاحظها في الطب وعلوم العقاقير والكيمياء، تطال أيضاً العلوم الرياضية كما تشهد على ذلك مؤلّفات البيروني أو أعمال السموأل فيما بعد حول الطرق الهندية للاستكمال التربيعي أو الصياغة التي قدمها ابن الهيثم لمبرهنة «البقية الصينية» في نظرية الأعداد.

فلقد بات من الممكن، مع العلم العربي، أن نقرأ في لغة واحدة، ترجمات الإنتاج العلمي القديم والأبحاث الجديدة على السواء. وكانت هذه القراءة تتم في سمرقند كما في غرناطة مروراً ببغداد ودمشق والقاهرة وپالرمو. وحتى عندما كان العالِم يكتب بلغته الأم، خاصة بالفارسية ـ مثل النَسَوي أو نصير الدين الطوسي ـ كان يقوم بنفسه بنقل مؤلّفه إلى العربية. باختصار، ابتداءً من القرن التاسع كان للعلم لغة هي العربية؛ حتى إن هذه اللغة بدورها أخذت بعداً كونياً؛ فلم تعد لغة لشعب بل لعدة شعوب، ولا لغة لثقافة معينة إنما لغة كل المعارف. وهكذا فتحت معابر لم تكن موجودة من قبل، تسهل الاتصال المباشر بين المراكز العلمية المنتشرة ما بين حدود الصين والأندلس، كما وتسهل التبادل بين العلماء. ولا بد، في هذا المجال، من التأكيد على نوعين من الممارسات عرفا انطلاقة لم يسبق أن حدث مثيل لها. أولى هذه الممارسات هي الأسفار العلمية كوسيلة للتعلم والتلقين، يدل عليها ما سجله أصحاب كتب **الطبقات** حول سير بعض العلماء وتنقلاتهم: ابن الهيثم بين البصرة والقاهرة، ابن ميمون بين قرطبة والقاهرة؛ شرف الدين الطوسي بين طوس ودمشق مروراً بهمذان والموصل وحلب... أما النوع الثاني من الممارسات فتجلى في المكاتبة والمراسلات العلمية التي شكلت أداة لتعاون العلماء ونشر الأبحاث وأضحت لوناً جديداً من ألوان الأدب له استخداماته كما له معاييره الخاصة. هذا العلم

العالمي قياساً على أبعاد عصره كان يتقدم، إذن، محاطاً بموكب من التحولات. فالعلاقات بين التقاليد العلمية القديمة تعدلت، وتغيرت محتويات المكتبة العلمية؛ أما حركة العلماء والأفكار فغدت أنشط بما لا يقاس مما كانت عليه في السابق.

إن بقاء هذه السمة في الظل وعدم التنبه إليها من قبل المؤرخين، رغم تمتعها بهذا المستوى من الأساسية ومن الوضوح أيضاً، لأمرٌ من شأنه أن يثير الدهشة. ومن الطبيعي هنا إرجاع الأمر إلى النظرة المواربة لايديولوجية تاريخية ترى في العلم الكلاسيكي فعلاً للإنسانية الأوروبية فحسب. لكن، إلى هذا يجب لحظ اعتبارين، يعود أولهما إلى تاريخ العلوم والثاني إلى الكتابات في هذا التاريخ. نبدأ، من جهة أولى، بالروابط المميزة التي توحد بين العلم العربي وبين امتداداته اللاتينية، وبشكل عام بينه وبين العلم الذي تطور في أوروبا الغربية حتى القرن السابع عشر؛ وفي الواقع، لا يمكن فهم شيء من العلم اللاتيني بدءاً من القرن الثاني عشر من دون أن تؤخذ بالاعتبار الترجمات اللاتينية التي حصلت انطلاقاً من العربية. إن الأبحاث الأكثر تقدماً في اللاتينية، مثل أبحاث فيبوناتشي (Fibonacci) وجوردان دو نيمور (Jordan de Nemour) في الرياضيات، وتلك العائدة إلى ويتلو (Witelo) أو ثيودوريك دو فريبرغ (Théodoric de Freiberg) في البصريات...، لا يمكن أن تُقدَّر حق قدرها إذا لم نرجع إلى الخوارزمي وأبي كامل وابن الهيثم. إن هذه الروابط الوثيقة أسرت أنظار المؤرخين تاركة في الظل العلاقات التي توحد بين العلوم العربية وتلك العائدة للجزء الآخر من العالم، الهند والصين. أما الاعتبار العائد للكتابات التاريخية فهو المتمثل باستعلاء علم القرن السابع عشر. هذا العلم الذي اعتبر - بغير حق - سبيكاً واحداً وثورياً من البداية إلى النهاية، بلغ في كتابات المؤرخين تسامياً يتنافى مع التاريخ كعلم، بحيث جعل المرجع المطلق الذي تتحدد بالنسبة إليه مواقع ومكانات العلوم السابقة. إن هذا التعالي المطلق صيغ كإحدى المصادرات البديهية في غياب المعرفة الصحيحة لأعمال مدرسة مراغة وما سبقها في علم الفلك وأعمال الخيام وشرف الدين الطوسي في الجبر والهندسة الجبرية وكتابات الرياضيين في المتناهيات في الصغر من ابن قرة إلى ابن الهيثم... لذلك كان من الطبيعي أن يحفر هذا التعالي فراغاً قبل الأعمال العلمية للقرن السابع عشر مكيّفاً العلم العربي طامساً معالمه الأبرز.

وليس من شأن الإلمام الجيد بالعلم العربي النيل من مكانة تجديد كبلر في علم الفلك وغاليليو في علم الحركة وفيرما في نظرية الأعداد؛ بل على العكس من ذلك، فإنه يساعد على تحديد موقع هذا التجديد بمزيد من الدقة، بالبحث عنه حيث هو، لا في مكان آخر كما هو الحال غالباً. إن تقدم هذه المعرفة يقودنا إلى استيعاب أعمق وأدق للنشاطات العلمية التي عرفها ذلك القرن العظيم والقرن الذي سبقه. إنه يحثنا على إعادة النظر في بعض التصورات وفي بعض الطرق التي اعتُمدت في رسم التاريخ، كما يردّ عنّا مفاهيم مشكوك في صحتها، وبشكل خاص مفهوم «النهضة العلمية»، ويحثنا على إدراك الطبيعة

التناقضية لمفاهيم أخرى مثل مفهوم «الثورة العلمية». إلا أن على العلم العربي أن يستعيد الطابع الكوني وهو طابعه الأساس، وهو ما يستوجب علينا تتبع هذا العلم في امتداداته اللاتينية والإيطالية كما في امتداداته العبرية والسنسكريتية والصينية، بالإضافة إلى منجزاته في لغات الحضارة الإسلامية وخاصة في الفارسية. وأخيراً، من أجل معرفة وافية بالعلم العربي، لن يكون هناك بدٌّ من إرجاع هذا العلم إلى إطاره، إلى المجتمع الذي رأى فيه النور بمستشفياته ومراصده وجوامعه ومدارسه... فكيف يمكن فهم تطوراته إذا غابت عن بالنا المدينة الإسلامية ومؤسساتها ووظيفة العلم فيها وأهمية الدور الذي استطاع أن يلعبه. إنه لتفكيرٌ ضروري لن يلبث أن يبدد آراء خدّاعة وليدة الجهل، متأصلة إلى يومنا، ما زالت تقوقع العلم ضمن هامشية مزعومة حول تخوم هذه المدينة أو ترصد انحطاطاً علمياً وهمياً ابتداءً من القرن الثاني عشر كنتيجة لردة كلامية دينية متخيلة.

بهذا الثمن فقط يحقق تاريخ العلم العربي مهمتيه الأساسيتين: فتح الطريق أمام فهم حقيقي لتاريخ العلم الكلاسيكي بين القرنين التاسع والسابع عشر، والإسهام في معرفة الثقافة الإسلامية نفسها، وذلك بأن يعيد لها بعداً ما انفك من أبعادها، هو بعد الثقافة العلمية.

إن هذا الكتاب صُمم وحُقق لكي يكون لبنة في صرح نعاون في بنائه، يتمثل في كتابة تاريخ العلم العربي انسجاماً مع المتطلبات التي عبرنا عنها فيما سبق من أسطر. إنه في الواقع، تركيب أول لم ينفذ مطلقاً من قبل في هذا المجال وبهذه النظرة. لقد أضحى هذا التركيب ممكناً اليوم نتيجة الأبحاث التي ما زالت تتراكم منذ القرن المنصرم، والتي نشطت بدءاً من خمسينيات القرن الحالي. وقد التمسنا إسهامات ذوي الاختصاص في كلٍ من الفصول المختلفة لإنجاز هذا التركيب، يتوجهون بها إلى جمهور واسع، مثقف يتجاوز الإطار الضيق لزملائهم، لكن دون الوصول إلى حد التبسيط؛ فما طلب منهم هو كتاب مرجعي حق. ولقد ابتغينا أن نعيد إلى العلم العربي اعتباره وموقعه معطين الأفضلية لتحليل المصادر القديمة ومخصصين فصولاً لامتداداته اللاتينية والعبرية. ونتيجة لعدم توفر الاختصاصيين، غابت الفصول التي تتعلق بالامتدادات الأخرى. إن القارىء سيجد نفسه أمام كتاب في تاريخ العلم على امتداد حوالى سبعة من القرون.

ولكن التركيب، وخاصة إذا كان الأول، لا يمكن أن يسبق البحث الفعلي. ومثل هذا البحث يلزمه الكثير لكي يصل إلى مستويات متساوية في مجالات العلم المختلفة. لذا غاب بعضٌ من فصول العلم العربي وخاصة تلك المتعلقة بعلوم الأرض والحياة. ومن ناحية أخرى، آثرنا العمل في العمق على الرغم من كل ما يرافقه من نواقص على عمل يدعي شمولية لا بد من أن تأتي سطحية ووهمية. نشير أخيراً إلى أننا استدعينا من الضمانات والاحتياطات ما هو ممكن بشرياً خلال فترة القيام بهذا العمل بحيث أعيدت قراءة كل

فصل من قبل اختصاصيَّين اثنين آخرين من داخل لجنة المشاركين في التأليف أو من خارجها. ومن بين هؤلاء لا بد من أن أخص بالشكر ج. ڤيّامين (J. Vuillemin) وج. سيمون (G. Simon) وهـ. روكِت (H. Rouquette) وإ. پول (E. Poulle) وس. متّون (S. Matton) و س. هوزل (C. Houzel) وك. شملا (K. Chemla). وأخص أيضاً بالشكر أ. ڤون هوا (A. Von Hoa) وس. شميتز (C. Schmitz) وس. روزنبرغ (S. Rosenberg) وپاتي (Paty) وم. ريبوديير (M. Rebaudière) وب. دومو (B. Demaux) وس. بارب (C. Barbe) الذين نقلوا بعض الفصول إلى الفرنسية. وأتوجه بشكري أخيراً إلى السيدة أ. أوجيه (A. Auger) التي حضرت المخطوطات وأعدت الفهارس والمراجع.

كلمة لجنة الترجمة

لا بد للذين نقلوا هذا العمل إلى العربية من قول كلمة فيه. ولكننا لا نقولها تمشياً مع التقليد، بل تسجيلاً لملاحظات نسوقها باعتبارنا من أوائل قرائه.

نتمنى على القارىء أن يبدأ أولاً بالمقدمة العامة لرشدي راشد، ومن ثم بتعليق محسن مهدي. ويجوز أن نقرأ النهاية قبل صدر الكتاب؛ ذلك لأن العمل مجموعة من عدة مواضيع كتبت بشكل يسمح بقراءة غير متسلسلة، بما يشبه الأعمال الموسوعية.

وقد شجعنا على نقل هذا العمل بالذات تلك الأسماء التي شاركت في وضعه؛ وهي أسماء معروفة بمرجعيتها، من ميزاتها أنها لا تنتمي إلى مدرسة واحدة، بالإضافة إلى أنها تتوزع على أعرق الجامعات ومراكز الأبحاث المعروفة حالياً. لذا فإن صفة الموسوعية التي يتسم بها هذا العمل تأتي أيضاً من كونه يتناول مواضيع مختلفة بألوان فكرية وأساليب مختلفة.

لكن القارىء لن يجد فيه الأسلوب السردي المريح الذي تعوّد أن يجده في الموسوعات، أو الذي يجعل منه كتاباً يرافق الوسادة، ناعم المقاربة، سهل التتبع. إلا أنه، وبالمقابل، لا يتوجه فقط إلى الباحثين. والمتعة التي سيجنيها القارىء المتيقظ ستفوق، ولا شك، كمية الجهد والتركيز التي سيضطر إلى القيام بها.

إن الدراسات التي حواها هذا المؤلَّف، والتي تعدت إطار العموميات لتقدم آخر ما وصلت إليه الأبحاث التاريخية، لن تتمكن من الإجابة بشكل شافٍ عن أسئلة القارىء؛ ولن يكون بإمكانها ذلك مهما بلغ حجمه. ونظن أن هذا الفريق من المؤلفين سيكون قد نجح في أداء مهمته إذا ما استثار الكمية القصوى من أسئلة القارىء؛ والأجوبة موجودة ولا شك؛ ظاهرة أو كامنة، في المراجع المذكورة المؤلَّفة حديثاً، أو في المخطوطات العديدة التي استندت إليها أبحاثهم. إن إثارة دوافع للبحث التاريخي، نقداً وإكمالاً وذهاباً إلى أبعد مما حواه هذا المؤلَّف، في السعة وفي العمق، هو أيضاً أحد الأهداف من وراء ترجمته، على أمل أن يكون ما نقوم به بداية، بالنسبة إلينا وإلى زملاء لنا أساتذة وطلاباً. نقول بداية، لا تناسياً لأعمال قيّمة متفرقة سبقت، بل لنؤكد ضرورة المتابعة. فالوعي لحاضر المجتمع شرط ضروري لاختيار المسالك التي تؤدي إلى لحاقه بالمسيرة العلمية للعالم؛ ولن يحصل هذا الوعي فقط من خلال دراسة تجارب وفلسفات علماء الغرب على الرغم من ضرورتها القصوى وقيمتها الهائلة. ونظن أن هذا الوعي يكون أعمق وأوضح وأدق إذا ما

اقترن بوعي لتاريخ، مجتمعنا الحاضر هو إلى حد بعيد امتداد له.

وهذا التاريخ ليس فقط الحلو من الكلام، والرقيق من الشعر، والسامي من المثل، والخارق من البطولة أو الصافي المخلص من الإيمان. إنه أيضاً، وبدرجة أساسية، القاسي من العلم، الصعب من الدرس والبحث، والمشع من المعرفة. لقد استقى أسلافنا العلم من الهند والصين إلى اليونان وأضافوه إلى إرث اليمن ومصر وأنطاكية وبلاد بابل، وترجموا وهضموا وطوروا واخترعوا بحيث أضحى علمهم علم العالم على امتداد سبعة قرون ولغتهم لغة علم العالم. ولا شك في أن من يسوق هذا الكلام افتخاراً واكتفاء أشد ضرراً ممن يسوقه حسرةً ويأساً بسبب حاضر يدفع إلى ذلك فعلاً. إلا أن دراسة هذا الجانب المشرق من التاريخ قد تشكل دعوة لتجنب اليأس ولثقة في مستقبل، كما قد تشكل فرصة للكشف عن مواضيع علمية لا زالت مؤهلة؛ ولنقل إن أقل ما ينتج عن هذه الدراسة هو استرجاع وتركيز القاموس والمصطلحات العلمية، أي الوعاء والخزان والأدوات التعبيرية التي يلزم اعدادها لاحتواء ما سيتلقنه المجتمع وما سينتجه. والحديث عن أدوات التعبير يدعونا هنا للاشارة إلى أن أياً من أعضاء الفريق المترجم لم يسبق له أن درس العلم أو قام بتدريسه بالعربية، لغته الأم؛ لذا لا بد من ملاحظة ما كان بالنسبة إلينا اكتشافاً في هذا المجال، ألا وهو غنى اللغة العربية الفعلي بالمصطلحات والتراكيب ومرونتها وإمكانية ضغطها، أفعالاً وحروفاً للتعبير بالدقة والاقتضاب المطلوبين عن القضايا العلمية. ولا بد من انعكاس سلبي لتجربة لنا حديثة في الكتابة العلمية بالعربية؛ إلا أننا نأمل التعويض عن الهفوات اللغوية بالمزيد من التدقيق في معاني الجمل العلمية.

ونقص آخر أكيد لا زال يحز في نفوسنا، هو ذلك المتعلق بالاستشهادات أو بعناوين الكتب أو بالأسماء، العربية في الأصل، التي تناولها المؤلف بالأجنبية، وكان علينا إعادة نقلها إلى العربية. ولقد استطعنا خلال عناء استهلك من الوقت أكثر مما استهلكت أعمال الترجمة أن نحصل على قسم كبير من هذه المعطيات كما صيغت في الأصل. وهنا لا بدّ من تسجيل الشكر للأب ريجيس مورلون الذي لم يبخل علينا بأي مساعدة في هذا المجال. إلا أن قسماً لا يستهان به استعصى، بحيث اضطررنا إلى «ترجمة بتصرف»، احتراماً لمواعيد الطباعة ولظروفها الملزمة. ومما زاد الصعوبة في هذا المجال وفاة خمسة من المؤلفين: أدولف ب. يوشكفيتش، دونالد هيل، هنري غروسّي ـ غرانج، أحمد سعيد سعيدان وجورج قنواتي؛ أضف إلى ذلك أن العديد من هذه الاستشهادات (والعناوين والأسماء) لم يأخذها مؤلفوها عن أصلها العربي إنما إجمالاً عن ترجمات لاتينية لهذا الأصل. نترك القارىء على رجاء أن نرى تاريخنا يُكتب بالعربية، ومن ثم يُترجم إلى باقي اللغات. كما نتركه على رجاء آخر هو أن يكتب إلينا بكل ما قد يفيد من نقد وإصلاح وملاحظات.

فريق القراءة في التراث العلمي

ملاحظات حول ترجمة القسم الفلكي من الموسوعة

لقد واجهنا في بداية ترجمة هذا القسم الخاص بتاريخ الفلك العربي مسألة اختيار المصطلحات الفلكية. وكما سيرى القارىء، في الفصل الأول من الموسوعة، أصبحت اللغة العلمية العربية متكاملة في النصف الثاني من القرن التاسع، حيث تكونت مصطلحاتها بشكل نهائي واستمر استخدامها خلال قرون عديدة. وهكذا نجد في المخطوطات العربية الخاصة بعلم الفلك المصطلحات الفلكية القديمة التي وُضعت في ذلك العصر، أي منذ أكثر من عشرة قرون. بعض هذه المصطلحات أصبح الآن غير مستخدم أو تغير مدلوله، والبعض الآخر ما زال صالحاً واحتفظ بالمدلول نفسه حتى اليوم. ولقد أدت المناقشات التي أجريت مع المؤلفَين الأب ريجيس مورلون والأستاذ جورج صليبا إلى الاتفاق في أكثر الأحيان على اختيار المصطلحات الملائمة لكل حالة.

وهكذا فإن كلمة كوكب استُخدمت لتدل على نجم أو كوكب بشكل عام، لأن العلماء الأقدمين لم يميزوا بين الكواكب والنجوم كما هي الحال في العصر الحديث.

لقد ورد اسم بطلِيموس، العالم الفلكي اليوناني، في المخطوطات العربية القديمة على شكل بطلَميوس، لأن لفظ هذه الكلمة الأخيرة أقرب إلى اللفظ اليوناني من لفظ الكلمة الأولى. وهذا ما يجعل تبني كلمة بطلَميوس أفضل من تبني كلمة بطلِيموس الشائعة حالياً لأسباب غير معروفة.

ولقد استخدمنا عبارة «حركة مستوية» بدلاً من عبارة «حركة منتظِمة» الشائعة حالياً نظراً لاستخدام العبارة الأولى في المخطوطات العربية القديمة.

أما عبارة «المستوي»، المستخدَمة حالياً للدلالة على «السطح المستوي» فلقد استخدمناها بدلاً من كلمة «السطح» التي وردت في المخطوطات العربية، والتي تستخدم حالياً بمعنى أشمل. وذلك لتجنب الالتباس بين «السطح المنحني» و«السطح المستوي». ولقد استخدمنا أيضاً كلمتي «الأوج» و«الحضيض»، بدلاً من العبارتين «البعد الأبعد» و«البعد الأقرب» اللتين وردتا في أوائل المخطوطات العربية.

ولم تكن هناك ضرورة، من ناحية أخرى، لتغيير عبارة «نقطة المحاذاة» التي ما زالت صالحة منذ القرن التاسع الميلادي. وكذلك هي الحال بالنسبة إلى عبارات «الانحراف» و«الالتواء» و«مبادرة الاعتدالين»، . . . الخ.

أما كلمة فلك فهي تدل بمعناها الحالي على مسار جسم سماوي، بينما كانت تدل على الكرة «التي تحرك هذا الجسم» بحركة مستوية حول محور يمر بمركز الكرة، كما كانت تدل أيضاً على دائرة التقاطع بين هذه الكرة والمستوي العمودي على المحور.

ويجب أن نذكّر بأن نجوم كل مجموعة من النجوم تُرتَّب تبعاً لعظمتها الظاهرية، أي تبعاً لمقدار النور الذي يصلنا منها. وتسمى هذه النجوم تبعاً لهذا الترتيب بأحرف الأبجدية. وهكذا نسمي النجم الأكثر إضاءة في مجموعة الدب الأصغر أ ـ الدب الأصغر، ويليه النجم ب في المرتبة الثانية ثم ج ود. . .

أما فصل «علم الملاحة العربي»، فقد طرأت ظروف قاهرة منعت من إتمامه بشكل نهائي من قبل المؤلف غروسّي ـ غرانج الذي توفي سنة ١٩٩٠. وكان هذا المؤلِّف بحاراً ماهراً ومطلعاً في الوقت نفسه على المخطوطات العربية التي زاد عددها على الأربعين والتي كتبها ابن ماجد والمهري قبل ما يقرب من خمسة قرون. ولذلك لم يتم الحصول على تفاصيل المراجع بشكل مرض، وصعُب التحقق من النصوص العربية الأصلية لبعض الاستشهادات التي قام بها المؤلف، فهي مبعثرة في المخطوطات العديدة التي يصعب الاطلاع عليها في وقت محدود. وهكذا اكتفينا، كلما تعذر الحصول على النص العربي الأصلي، بإعطاء مضمونه، استناداً إلى النص الفرنسي للمؤلف، دون أن نضعه بين هلالين مزدوجين.

ـ ١ ـ

مقدمة في علم الفلك

ريجيس مورلون(*)

كان الاهتمام بعلم الفلك متواصلاً في المنطقة الثقافية العربية منذ نهاية القرن الثاني الهجري، الثامن الميلادي؛ وأول ما يسترعي انتباه من يبدأ بالاهتمام بهذه المسألة هو الجانب الكمي: عدد العلماء الذين اشتغلوا في علم الفلك النظري، عدد المؤلفات التي كتبت في هذا الميدان، عدد المراصد الخاصة والعامة التي تتالت في نشاطها، وعدد الأرصاد الدقيقة التي سجلت ما بين القرنين التاسع والخامس عشر.

سنتعرض في هذا القسم كله لعلم الفلك كعلم صحيح فحسب من دون أن نثير مسألة التنجيم. وفي الواقع، إذا كان نفس المؤلفين قد وضعوا في بعض الأحيان كتباً في كلا الموضوعين، فإن هؤلاء لم يخلطوا أبداً في نفس الكتاب بين الاستدلالات الفلكية المحضة والاستدلالات التنجيمية المحضة، وكانت عناوين الكتب تدل في أكثر الأحيان من دون التباس على محتواها المتعلق بأحد الموضوعين.

يشار إلى الدراسات الفلكية، بشكل رئيس، بمصطلحين: «علم الفلك» أي «علم المدار السماوي»، و«علم الهيئة» أي «علم بنية الكون». بالإضافة إلى ذلك، يسمى العديد من الكتب الفلكية بـ «الزيج»، وهي كلمة فارسية الأصل ترادف كلمة «kanôn» اليونانية، وذلك عندما تتكون هذه الكتب من مجموعات جداول لحركات الكواكب، مقدّمة بعرض لرسوم تخطيطية تسمح بتركيبها؛ ولكن كلمة «زيج» تستعمل غالباً كمصطلح عام لتسمية

(*) باحث في المركز الوطني للبحث العلمي ـ باريس، ومدير المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية ـ القاهرة.

قام بترجمة هذا الفصل بدوي المبسوط.

مؤلفات الفلك الكبرى المحتوية على جداول[١].

كانت كلمة «كوكب»، «كواكب»، مستعملة في علم الفلك، في حين كانت كلمة «نجم»، «نجوم»، تُستعمل بنفس المعنى بمفهوم تنجيمي، واشتُقت منها تعابير: «علم أحكام النجوم»، «صناعة النجوم»، «التنجيم»، ...[٢] ولكن عبارة «علم النجوم» استعملت لتشمل أيضاً علم الفلك والتنجيم معاً كنهجين مختلفين للدراسات الفلكية[٣].

أما الآن، في العصر الحديث، فإن كلمة نجم أو نجمة تُستعمل للدلالة على جرم سماوي كبير مضيء بنفسه، بينما تدل كلمة كوكب على جسم سماوي سيّار، أصغر حجماً من النجمة، يدور حول نجمة ويتلقى منها النور. أما الأجسام الصغيرة التي تدور حول الكواكب فتسمى بالأقمار.

ولكننا، في هذه الدراسة التاريخية، سنستعمل كلمة كوكب، كواكب للدلالة على الأجرام السماوية بشكل عام، كما جرى التقليد على ذلك عند علماء الفلك القدامى.

وكانت توجد في شبه الجزيرة العربية وفي كل الشرق الأدنى القديم منذ زمن بعيد تقاليد في رصد السماء؛ أحد هذه التقاليد جدير بالذكر لأننا نعرفه جيداً، إذ إنه اقتُبس بعد ذلك فيما سماه الفلكيون العرب: «الكتب في الأنواء».

ترمز كلمة أنواء، ومفردها نَوْء، إلى مجموعة لنظام حساب الأعياد المتعلق برصد البزوغات الشروقية والأفولات الشروقية لبعض مجموعات من الكواكب، مما يسمح بتقسيم السنة الشمسية إلى فترات محددة. وكان ظهور بعض الكواكب على الأفق حسب فترات

---

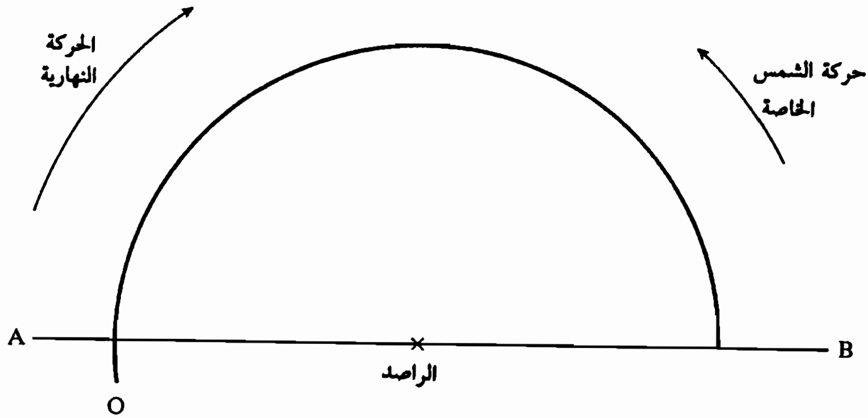
(١) انظر مثلاً كتاب البتاني المهم: **Albategnius, *Al-Battānī, sive Albatenii Opus Astronomicum* *(al-Zīj al-Ṣābī')*, édition du texte arabe, traduction latine et commentaire par Carolo Alphonso Nallino, Publicazioni del Reale osservatorio di Brera in Milano, I-III, 3 vols. (Milano: Mediolani Insubrum, Prostat apud U. Hoeplium, 1899-1907), réimprimé en 1 vol. (Hildesheim; New York: G. Olms, 1977),**

أو: أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، **القانون المسعودي**، صحح عن النسخ القديمة الموجودة في المكاتب الشهيرة، تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية، ٣ ج (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٤ ـ ١٩٥٦)، حيث تستعمل اللفظة اليونانية، وهما مذكوران في الفصل القادم.

(٢) انظر مقالة رشدي راشد حول كلمة «منجم» في: **Diophante, *Les Arithmétiques*, vols. 3 et 4, édition et traduction du texte arabe par Roshdi Rashed, collection des universités de France (Paris: Les Belles lettres, 1984), vol. 3, pp. 99 - 102.**

(٣) انظر مثلاً: **Abū 'Abd Allāh Muḥammad Ibn Ahmad al-Kuwārizmī, *Liber mafātīh ol-olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jūsof al-Kātib al-Khowarezmi,* edidit et indices adjecit G. Van Vloten (Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1895), réimprimé (Leiden: E. J. Brill, 1968), p. 210.**

السنة، يُعتبر منبئًا بظواهر مناخية لتغير الطقس، حتى ان كلمة نوء أخذت معنى المطر أو العاصفة. ولنذكّر بسرعة بما يعنى بالبزوغات والأفولات الشروقية للكواكب الثابتة على الشكل رقم (١ ـ ١) الذي هو مسقط تقريبي على المتسامتة الأولى لمسار الشمس الظاهري. فالخط AB هو أثر أفق المكان، والنقطة O هي موضع الشمس تحت الأفق قبل شروقها، بحيث يكون الكوكب الموجود في النقطة A والقريب من فلك البروج، على حد قابلية الرؤية عندما يبزغ، ويكون الكوكب الموجود في النقطة B على حد قابلية الرؤية عندما يأفل، تبعاً لضيائية السماء على الأفق تماماً قبل شروق الشمس. في هذه الحالة، يكون الكوكب A في وضع البزوغ الشروقي ويكون الكوكب B في وضع الأفول الشروقي. وفي اليوم التالي، وبسبب «الحركة الخاصة الظاهرية للشمس» (حوالى درجة واحدة يومياً)، تكون الشمس أكثر بعداً عن الأفق، عندما يكون الكوكبان A وB في نفس الوضع، ويصبح هذان الكوكبان أوضح رؤية لأن الأفق يصبح أقل إضاءة. وبعد ستة أشهر تقريباً، يتبادل A وB وضعَيهما فيصبح B في حالة بزوغ شروقي ويصبح A في حالة أفول شروقي.



الشكل رقم (١ ـ ١)

كانت مراقبة هذه الظواهر لمجموعات معينة من الكواكب، تسمح، في البدء، بتقسيم السنة الشمسية إلى فترات محددة عددها ثمانٍ وعشرون على الأرجح. وقد اندمج نظام حساب الأعياد هذا، بعد القرن الثامن وتحت تأثير تقاليد فلكيةٍ هنديةٍ، مع نظام «منازل القمر» الثمانية والعشرين، وهي مجموعات من الكواكب الثابتة القريبة من فلك البروج، تفصل بين مناطق السماء التي يوجد فيها القمر بالتتابع ليلة بعد ليلة في غضون الشهر القمري. إن مؤلَّفات الأنواء التي كُتبت ابتداء من القرن التاسع، هي عبارة عن تقاويم تعطي أوقات البزوغ والأفول لكواكب منازل القمر، مع الظواهر المناخية المتعلقة بها.

وهكذا تنقسم السنة إلى ثمانٍ وعشرين فترة من ثلاثة عشر أو أربعة عشر يوماً[٤].

لقد أعاد الفلكيون العرب الأخذ بهذا التقليد القديم الذي كان في الأصل تجريبياً، على مستوى علمي في نطاق دراساتهم لظهور واختفاء الكواكب على الأفق إبان الغسق والسحر، متخذين جزئياً كقاعدة للعمل، **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة** لبطلميوس التي سيجري الحديث عنه لاحقاً[٥].

أولاً: مصادر علم الفلك العربي

كانت نصوص علم الفلك الأولى المترجمة إلى اللغة العربية في القرن الثامن، من أصل هندي وفارسي. ولكن المصادر اليونانية تقدمت في القرن التاسع على المصادر السابقة. فلنستعرض كل هذه المصادر، بادئين بالنصوص اليونانية.

١ ـ المصادر اليونانية

إنها من نوعين: علم الفلك «الفيزيائي»، بالمعنى القديم للكلمة، وعلم الفلك الرياضي.

يهتم علم الفلك «الفيزيائي» بالبحث عن تصور مادي كلي للكون انطلاقاً من تفكير نوعي بحت. إن تأثير أرسطو هو المهيمن في هذا المجال، بتنظيمه المتماسك للعالم على شكل كرات مماسة ومتراكزة، ومدرّجة حول الأرض الثابتة التي هي مركزها المشترك. الكرة السماوية الأولى هي كرة القمر، وعالم ما تحت القمر هو عالم الكون والفساد. أما عالم ما فوق القمر فهو عالم الاستمرار والحركة الدائرية المستوية التي هي الوحيدة القادرة على التكيف مع كمال طبيعة الأجرام السماوية. ولكل كوكب كرته الخاصة التي تحركه. والكرة الأخيرة التي تحيط بالكون هي كرة الكواكب الثابتة.

يهتم علم الفلك «الرياضي» بالبحث عن تصور هندسي نظري بحت للكون، مستند

---

(٤) انظر في الأنواء: كارلو ألفونسو نالينو، **علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى** (روما: مطبعة روما، ١٩١١)، ص ١١٧ ـ ١٤٠ (المحاضرتان ١٨ و١٩)، و*Encyclopédie de l'Islam*, 6 vols. parus, 2ème éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960-), vol. 1, pp. 538 - 540.

وفي منازل القمر، انظر: *Encyclopédie de l'Islam*, vol. 6, pp. 358 - 360.

(٥) قام بذلك، على الأخص، سنان بن ثابت بن قرة (المتوفى سنة ٣٣١ هـ/ ٩٤٣ م) الذي اقتبس في مؤلّفه **كتاب الأنواء** قسماً من الكتاب الثاني من مؤلّف بطلميوس **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**، انظر: Otto Neugebauer, «An Arabic Version of Ptolemy's Parapegma from the *Phaseis*,» *Journal of the American Oriental Society*, vol. 91, no. 4 (1971), p. 506.

على أرصاد مرقمة دقيقة، بغض النظر عن تلاؤمه مع تماسك العالم «الفيزيائي». إن هدفه هو إيجاد نماذج هندسية وسوطة (أي قابلة للتحديد بواسطة عدد من المقادير)، قادرة على تحليل الظواهر السماوية المقاسة، وعلى حساب مكان الكواكب في لحظة معطاة، وعلى وضع جداول حركاتها.

لقد بني تاريخ علم الفلك القديم جزئياً على التنافس بين هذين المنهجين لنفس العلم.

تطور علم الفلك الرياضي في إطار علم الفلك الهلينستي، وخاصة حوالى مئة وخمسين سنة قبل الميلاد، مع إبرَخس الذي اقتبس عمل أبولونيوس الذي سبقه بنصف قرن. وجاءت أعمال بطلميوس لتتوج ما كتب فيه باللغة اليونانية حوالى مئة وخمسين سنة بعد الميلاد.

بطلميوس هو العالم الذي كانت مؤلفاته أكثر معالجة واقتباساً وشرحاً ونقداً من قِبَل الفلكيين اللاحقين به حتى القرن السابع عشر. لقد ألف كتبه الأربعة بالترتيب: **المجسطي**، **في اقتصاص أصول حركات الكواكب**، **في ظهور الكواكب الثابتة**، **وزيج بطلميوس**. إلا أن الكتابين الأولين هما الأكثر أهمية.

يُعتبر **المجسطي** أو **المؤلّف الرياضي الكبير**، الذي وصلنا في لغته الأصلية وفي عدة ترجمات عربية، المرجع النموذجي الذي لعب في علم الفلك نفس الدور الذي لعبه كتاب **الأصول** لإقليدس في الرياضيات. لنذكّر ببساطة أنه مؤلَّف هائل من ثلاث عشرة مقالة عرض فيه بطلميوس، بشكل شامل، أعمال سابقيه مغيِّراً فيها حسب ملاحظاته الخاصة، مهذِّباً النماذج الهندسية القديمة ومستنبطاً منها نماذج أخرى. إن كلمة الرياضيات لا توجد صدفة في عنوان المؤلف لأن بطلميوس لا يشير فيه إلى الحالة «الفيزيائية» للكون إلا قليلاً، ولو أنه قد أخذها ضمنياً بعين الاعتبار؛ لقد أثبت وفصل الطرق الهندسية التي تمكّن من تحليل الظواهر المراقبة معتمداً على مصادَرَتي علم الفلك القديم: الأرض ثابتة في مركز الكون، وكل حركة سماوية يجب أن تفسَّر بتركيب حركات دائرية منتظمة.

يعرف بطلميوس طريقته كما يلي: أ ـ تجميع أكبر عدد ممكن من الأرصاد الدقيقة؛ ب ـ تمييز كل اختلاف للحركة المراقبة عن الحركة الدائرية المستوية؛ ج ـ إيجادٌ بالتجربة، للقوانين التي تسمح برؤية كيفية تركيب الأدوار ومقادير الاختلافات الآنفة الذكر؛ د ـ تركيب حركات دائرية مستوية بواسطة دوائر متراكزة أو مختلفة المراكز، أو بواسطة أفلاك التدوير، لتحليل الظواهر المرصودة؛ هـ ـ حساب وسائط هذه الحركات للتمكن من تركيب جداول تسمح بحساب مواضع هذه الكواكب.

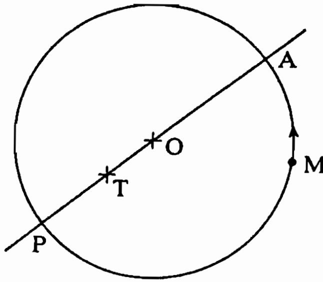
إن طريقة بطلميوس محدَّدة بشكل دقيق جداً، ولكن رغبته في «إنقاذ الظواهر» تقوده عملياً إلى إضعاف شأن مبادئه الأساسية، إذ إنه يُدخل بعض التجريبية على عدد من براهينه. وهو يعترف بذلك في آخر مقالة من هذا المؤلَّف إذ يقول: «يجب أن يبذل كل

شخص جهده ليطابق الفرضيات الأكثر بساطة مع الحركات السماوية. وإذا تعذر ذلك، وجب عليه الأخذ بفرضيات تتكيف مع الوقائع».

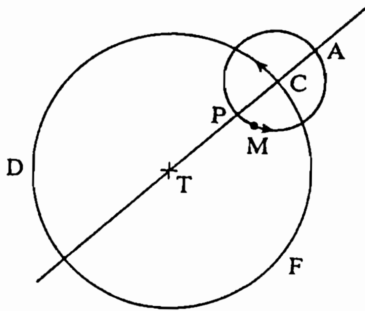
إن قاعدة بحثه عن نماذج هندسية هي تلك التي طورها إبرَخس الذي اتبع أبولونيوس عندما شيد نظام أفلاك التدوير ونظام الدوائر الخارجة المراكز (عن مركز العالَم).

لنأخذ نظام الدائرة البسيطة الخارجة المركز في الشكل رقم (١ ـ ٢أ). لتكن الأرض الثابتة في النقطة T حيث يوجد الراصد. يتحرك الكوكب M على الدائرة MAP بحركة دائرية مستوية حول المركز O، ولكن الراصد يكتشف أن سرعة الكوكب الظاهرية في الأوج A مغايرة لسرعته في الحضيض P. هذه هي الهيئة الهندسية التي يمكن إستخدامها لتحليل حركة الشمس الظاهرية.

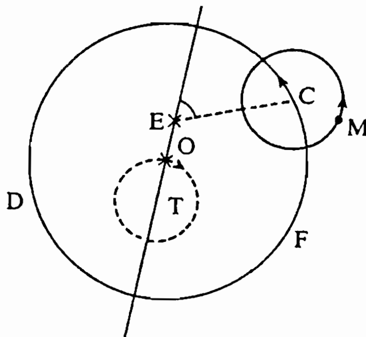
لنأخذ نظام فلك التدوير البسيط في الشكل رقم (١ ـ ٢ب). لنتصور الراصد في النقطة T التي هي مركز الدائرة الحاملة (المسماة دائرة بطلميوس) CDF. يتحرك الكوكب M على دائرة صغيرة، تسمى فلك التدوير، ومركزها C، يتحرك على دائرة بطلميوس بحركة مستوية. وتكون حركة الكوكب M دائرية مستوية. كما أن السرعة الزاوية للمركز C مطابقة للحركة الوسطى للكوكب M. يمكن أن يفسر هذا النظام، كنظام الفلك الخارج المركز، تغير المسافة بين الكوكب M والأرض. ولكنه يمكن خاصة من تحليل الرجوع الظاهري للكواكب، بطريقة أكثر إقناعاً مما يسمح به النظام الصرف للكرات المادية المتراكزة: عندما يوجد الكوكب في النقطة P، وتكون سرعته الزاوية الظاهرية على فلك التدوير أكبر من



الشكل رقم (١ ـ ٢أ)



الشكل رقم (١ ـ ٢ب)



الشكل رقم (١ ـ ٢ج)

سرعة C الزاوية، تكون حركته الظاهرية تراجعية. وبالمقابل، عندما يوجد الكوكب في النقطة A تُجمع هاتان السرعتان، فيظهر للراصد الموجود في النقطة T أن سرعة الكوكب M أكبر من سرعة C.

إن نظام فلك التدوير هذا مَرِن جداً، ويتلاءم مع تركيب أكثر تعقيداً لعناصره المكونة: يمكن اعتبار دائرة بطلميوس CDF خارجة المركز بالنسبة الى الأرض (الشكل رقم (١ ـ ٢ج))، أو متحركة هي الأخرى بحركة دائرية حول T. وهكذا يمكن الوصول إلى هيئات معقدة جداً كهيئة القمر أو كهيئة عطارد؛ أما بخصوص الكواكب العليا (المريخ، المشتري، وزحل)، فإن بطلميوس يأخذ حاملة خارجة المركز CDF مركزها في النقطة O، ويترك الراصد في النقطة T ولكنه يؤكد أن انتظام حركة المركز لا يحدث حول O بل حول نقطة «معدِّل المسير» E بحيث تكون O في وسط TE. إن هذه الحيلة تسمح بوفاق أفضل بين الهيئة النظرية والأرصاد، ولكنها متناقضة مع المبدأ الأساسي للحركة الدائرية المستوية[٦].

وهكذا يمكن تحديد وضع مختلف الكواكب في السماء، إذ يكفي أن نحسب، استناداً على الأرصاد، مختلف الوسائط الداخلة في القضية: الانحراف عن المركز، الأطوال النسبية لأنصاف الأقطار، والسرعات الزاوية لمختلف الدوائر.

لقد وصلنا **كتاب الاقتصاص** جزئياً (أقل من ربعه بقليل) باللغة اليونانية، ولكن له ترجمة كاملة باللغة العربية[٧]. إنه أصغر بكثير من كتاب **المجسطي** وأسلوبه العام مختلف جداً عن أسلوب الكتاب الأخير. يحسب فيه بطلميوس أولاً المسافات القصوى والدنيا للكواكب تبعاً لمعطيات **المجسطي**، فيقسم الكون إلى مناطق متراكزة، كل واحدة منها تمثّل المكان الذي يمكن أن يتحرك فيه كوكب معين، واضعاً تحت كرة القمر، كما فعل

---

(٦) انـظـر: Otto Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity*, 2nd ed. (New York: Dover Publications, 1957), appendix 1; traduction française par P. Souffrin, *Les Sciences exactes dans l'antiquité* (Arles: Actes Sud, 1990), pp. 239 - 255,

حيث يوجد عرض سريع ودقيق لهيئات الكواكب الهندسية التي اقترحها بطلميوس.

(٧) انظر: Claudius Ptolemaues, *Le Livre des hypothèses:* traduction française par N. Halma de la première partie du livre I: *Hypothèses et époques des planètes de Cl. Ptolémée* (Paris: Merlin, 1820), et édition du texte grec de la première partie du livre I et traduction de l'allemand sur l'arabe du livre II par L. Nix, *Claudii Ptolemæi Opera quæ extant omnia,* vol. II: *Opera Astronomica minora* (Leipzig: Teubner, 1907), pp. 68 - 145, et Bernard Raphael Goldstein, «The Arabic Version of Ptolemy's *Planetary Hypotheses,*» reproduction of the entire arabic manuscript, which contains the second part of book I, and a partial english translation, *Transactions of the American Philosophical Society* (N.S.), vol. 57, part 4 (1967), pp. 3 - 55.

لقد قمت بنفسي بنشر النسخة العربية لهذا النص، التي ستكون قريباً تحت الطبع.

أرسطو، كرات النار والهواء والماء والأرض. بعد ذلك لا تعود وجهة نظره «رياضية» بل «فيزيائية» بالمعنى الأرسطي للكلمة، إذ يسعى لوصف أشكال الأجسام المادية التي يمكن أن نتصور في داخلها الدوائر التي تسمح بتحليل مختلف الحركات، وذلك لإبانة تركيب الكون الفيزيائي الحقيقي. فيقسم «الأثير» إلى كرات سميكة بعضها مماس مع البعض الآخر، وهذا ما يذكّر بالنظام الأرسطي للكرات الوحيدة المركز. ولكن بطلميوس يتصور أيضاً كرات مختلفة المراكز، ويضيف إليها إطارات مندمجة مع أقراص. وهذا ما أدى إلى نوع من التسوية الشديدة التعقيد بين نظام هندسي بحت ونظام مادي متماسك مماثل للنظام الذي عرّفه أرسطو. وهكذا حاول بطلميوس أن يجسد نظريته في نظام «فيزيائي» ملموس، ولكن تأثير **كتاب الاقتصاص** كان أقل من تأثير **المجسطي**، فيما عدا حسابه لمسافات وأبعاد الكواكب الذي لاقى قبولاً واسعاً لدى الفلكيين اللاحقين.

يبحث **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة** موضوع ظهور واختفاء الكواكب الثابتة تماماً قبل شروق الشمس أو تماماً بعد غروبها (البزوغ الشروقي والغروبي والأفول الشروقي والغروبي). ويتألف من قسمين، حفظ منهما القسم الثاني فقط باللغة اليونانية، وهو يحتوي على تقويم لظهور واختفاء النجوم على الأفق في خلال السنة؛ أما القسم الأول الذي يحتوي على تحليل نظري بَحْت لهذه الظاهرة الخاصة، فلم يعرف إلا بنص عربي(٨).

لقد نقل كتاب **زيج بطلميوس** باليونانية في النشرة التي أخرجها ثيون الاسكندري في القرن الرابع الميلادي ضمن كتابه **شرح زيج بطلميوس**. يستعيد بطلميوس في هذا الكتاب، بشكل عملي، بعض نتائج **المجسطي** النظرية، مشكلاً جداول مفصلة ومغيّراً بعض الوسائط تبعاً لنتائج **كتاب الاقتصاص** و**كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**. لقد ذُكرت كل هذه المؤلَّفات من قِبَل الفلكيين العرب منذ القرن التاسع، وكذلك شروح **المجسطي** التي ألّفها بابوس وثيون الاسكندري، بالإضافة إلى سلسلة من الكتب اليونانية معروفة تحت اسم **المجموعة الفلكية الصغيرة** لأنها كانت تُعتبر كمقدمة لقراءة **المجسطي**. وهي تضم: **المعطيات**، **البصريات**، **علم انعكاس الضوء** و**الظواهر** لإقليدس(٩)؛ **الأكر**، **المساكن**، وكتاب **الأيام والليالي** لثاودوسيوس(١٠)؛ **الكرة المتحركة**، وكتاب **الطلوع والغروب للنجوم**

---

(٨) لقد عثر على شرح لمحتوى هذا الكتاب في مقطع من كتاب: البيروني، **القانون المسعودي**. انظر: Régis Morelon, «Fragment arabe du premier livre du *Phaseis* de Ptolémée,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 5, nos. 1 - 2 (1981), pp. 3 - 14.

(٩) عاش إقليدس في حوالى ٣٠٠ قبل الميلاد، كتابه **المعطيات** يحوي التعاريف المختلفة الداخلة في الهندسة. كتابه **البصريات** يحوي تفصيلاً لنظرية الرؤية والمنظورية. كتابه **علم انعكاس الضوء** هو دراسة للمرايا. أما كتابه **الظواهر** فيحوي دراسة هندسية للكرة السماوية.

(١٠) عاش ثاودوسيوس في القرن الثاني قبل الميلاد، وقد عالج في كتابه **الأكر** موضوع هندسة الكرة، وبين في **المساكن** مناطق الكرة السماوية المرئية من مختلف مناطق الأرض، وحدد في **الأيام والليالي** أقسام فلك البروج التي تقطعها الشمس كل يوم على طول السنة.

لأوطوليكوس[١١]؛ كتاب **الجرمَين النيّرين وبُعديهما** لأرسطرخس[١٢]؛ كتاب **المطالع** لإبسقلوس[١٣]؛ **الأكر** لمنلاوس[١٤].

٢ ـ المصادر الهندية والفارسية

ذكر العلماء العرب الذين ينتسبون إلى الجيل الأول، ثلاثة نصوص هندية في علم الفلك: **اريبهاتية**، الذي ألّفه أريبهاتا سنة ٤٩٩، وذكره المؤلفون العرب باسم **الأرجبهر**؛ **خندخدياكا** الذي ألّفه براهماغوبتا (ت بعد سنة ٦٦٥) والذي ذُكر بالعربية باسم **زيج الأركند**؛ **المهاسدنتا** الذي ألّف في أواخر القرن السابع أو بداية القرن الثامن، وقد نقل إلى العربية باسم **زيج السندهند**[١٥]. تستند هذه النصوص، حسب علم الكونيات الهندي، على أدوار السنين، وتقليدها العلمي يرتبط بعلم الفلك الهلينستي في مرحلة سابقة لعصر بطلميوس. لذلك هي تحتفظ ببعض الأصول التي يمكن إرجاعها إلى عصر إبرخس. نحن نجد فيها قليلاً من العروض النظرية. إلا أنها تتضمن طرائق حسابية لوضع الجداول، والعديد من وسائط حركات الكواكب. إن الابتكار العلمي للعلماء الهنود في هذا الميدان هو إدخال الجيب (نصف وتر القوس المضاعَف) في حسابات المثلثات، وهذا ما يجعلها أقل ثقلاً من حسابات المثلثات في علم الفلك اليوناني حيث كانت تستخدم أوتار الأقواس منذ عهد إبرخس[١٦].

شهدت بلاد الفرس في عهد الساسانيين (٢٢٦ ـ ٦٥١م) تطوراً لحركة الفلك العلمي

---

(١١) عاش أوطوليكوس في القرن الثالث قبل الميلاد، لقد وصف في **الكرة المتحركة** مختلف دوائر الكرة السماوية والتغيير في أوضاعها المسبَّب بحركات هذه الكرة، أما في **الطلوع والغروب للنجوم** فقد وصف ظاهرات قابلية رؤية الكواكب على الأفق عند طلوعها وغروبها.

(١٢) عاش أرسطرخس في القرن الثالث قبل الميلاد، وهو مشهور لأنه اقترح فرضية مركزية الشمس، لقد حسب في كتابه **الجرمين النيّرين وبعديهما** مسافة الشمس والقمر إلى الأرض، وأبعادهما، منطلقاً من استدلالات على وضعهما التربيعي وعلى الكسوف.

(١٣) عاش إبسقلوس في حوالى سنة ١٥٠ قبل الميلاد، وقد حدد، في كتاب **المطالع**، لكل مكان معين، شروق مختلف البروج تبعاً للنسبة بين أطول مدة للنهار وأقصرها في ذلك المكان.

(١٤) عاش منلاوس في القرن الأول الميلادي، يحتوي كتابه **الأكر** على الصيغ الأساسية للمثلثات الكروية التي استعملها بطلميوس، في ما بعد، في **المجسطي**، مُدخلاً معادلات بين أوتار الأقواس في رباعي أضلاع كروي كامل. انظر: الفصل الخامس عشر: «علم المثلثات: من الهندسة الى علم المثلثات،» ضمن الجزء الثاني من هذه الموسوعة.

(١٥) انـظـر: ‘Ali Ibn Sulaymān al-Hāshimī, *The Book of the Reasons behind Astronomical Tables = Kitāb fi ‘ilal al-zījāt*, reproduction of the unique arabic text contained in the Bodleian ms. arch. Seld A. 11, with a translation by Fuad I. Haddad and E. S. Kennedy and a commentary by David Pingree and E. S. Kennedy, Studies in Islamic Philosophy and Science (Delmar, N. Y.: Scholar's Facsimiles and Reprints, 1981), pp. 201 - 211.

(١٦) انظر الفصل الخامس عشر من الجزء الثاني من هذه الموسوعة والمشار إليه في الهامش رقم (١٤) أعلاه.

باللغة البهلوية بتأثير مزدوج هندي ويوناني (ترجم كتاب بطلميوس **المجسطي** إلى اللغة البهلوية في القرن الثالث). كان هذا العمل موجهاً، على ما يظهر، نحو التنجيم بشكل خاص. والآثار الباقية منه توجد، ابتداءً من نهاية القرن الثامن، في نصوص عربية أشير فيها خاصة إلى كتاب **زيج الشاه**. وتذكر هذه النصوص أن هذا الكتاب قد دون عدة مرات متتالية: في سنة ٤٥٠م، ٥٥٦م و٦٣٠م، أو ٦٤٠م (في عهد يزدجرد الثالث). ولقد ارتبطت هذه الجداول، بوسائط هندية على الأخص[١٧].

سنفصّل في الفصول التالية كيف استخدم الفلكيون العرب هذه المصادر المختلفة.

ثانياً: الأرصاد والمراصد

سنقوم الآن بعرض سريع للمراصد وللآلات الكبيرة الحجم[١٨]. يروي ابن يونس أن النهاوندي (المتوفى سنة ١٧٤ هـ/ ٧٩٠م) قد قام بأرصاد في أواخر القرن الثامن في جنديسابور، ولكن أعماله قد ضاعت[١٩]. وقد سجلت أولى النتائج الدقيقة المنقولة للأرصاد، في حي الشماسية ببغداد أولاً، ثم على جبل قاسيون في دمشق، في السنوات الأخيرة من خلافة المأمون (٨١٣ ـ ٨٣٣) وبدفع منه. وقد تمّت هذه الأرصاد طبقاً لبرنامج دقيق يهتم بالشمس والقمر على الأخص. وقد جرى في دمشق رصد متواصل للشمس خلال سنة كاملة، في الفترة ٢١٦ ـ ٢١٧/ ٨٣١ ـ ٨٣٢. ولم تتم متابعة العمل، على ما يبدو، في هذين المكانين بعد وفاة المأمون.

ونحن، باستثناء النتائج المرقمة التي نجدها في النصوص اللاحقة، لا نعرف إلا القليل عن هذين المرصدين، وعن نشاطهما وحجمهما؛ لقد كان يحيى بن أبي منصور، المسؤول عن أعمال الرصد في بغداد، عضواً في بيت الحكمة المشهور، وقد طلب الخليفة نفسه أن تكون الآلات المستعملة على أعلى قدر من الدقة. وليست هناك أية إشارة واضحة إلى الآلات

---

(١٧) انظر: «Astrology and Astronomy in Iran,» in: *Encyclopedia Iranica,* edited by Ehsan Yarshater (London: Routledge and Kegan Paul, 1986-1987), vol. 2, pp. 858-871, and Edward Stewart Kennedy, «The Sasanian Astronomical Handbook *Zīj-i Shāh* and the Astrological Doctrine of «Transit» *(Mamarr),» Journal of the American Oriental Society,* vol. 78 (1958), pp. 246-262.

(١٨) في مسألة المراصد، انظر: Aydin Mehmed Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory,* Publications of the Túrkish Historical Society; ser. 7, no. 38 (Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1960).

(١٩) انظر: Ibn Yūnus, *Le Livre de la grande table hakémite,* partiellement éditée et traduite en français par Caussin, édition séparée des «Notices et extraits des manuscrits de la bibliothèque nationale» (Paris: Imprimerie de la République, an XII (1804)).

المستعملة هناك. ولكن الشكل الذي عرضت فيه النتائج مقتبس عن بطلميوس، وكذلك نماذج الأرصاد المنجزة؛ مما يدل على أن الآلات كانت مشابهة للآلات الموصوفة في **المجسطي**: الحلقة الاستوائية أو الاعتدالية، الحلقة الزوالية، الربعية الاستوائية، مساطر اختلاف المنظر، الشواخص الكبيرة، كاسرة إبرخس لقياس الأقطار الظاهرية، والكرة المحلّقة[٢٠]. وكانت هذه الآلات تقليدية في علم الفلك القديم. وقد سعى العلماء العرب إلى تحسينها شيئاً فشيئاً، هادفين، على الأخص، إلى بناء حلقات ذات كبر متزايد للحصول على دقة أفضل[٢١].

وقد سُجلت خلال القرن التاسع أرصاد أخرى تابعة للمجموعة الأولى التي أجريت في بغداد ودمشق، قام بها حبش الحاسب، بنو موسى، الماهاني، سنان بن ثابت، . . . الخ. وفي أكثر الحالات كان يشار فقط الى المكان الذي أجريت فيه الأرصاد: بغداد، دمشق، سامراء، أو نيسابور مثلاً، دون الإشارة إلى الإطار الذي تم فيه أجراؤها، وهذا ما يدل على أن المراصد كانت خاصة، دون أية بنية جماعية.

لم يتم، في ذلك الوقت، تجميع كل هذه الأرصاد بشكل نظامي. ولكن، على سبيل المقارنة، يمكن أن نلاحظ أن بطلميوس قد بنى كل عمله في **المجسطي** على ٩٤ رصداً أجريت ما بين سنة ٧٢٠ ق.م. وسنة ١٤١م، أقدمها سُجّل في بابل، وأحدثها، وعدده ٣٥، أُجري من قِبَل بطلميوس نفسه[٢٢]. وهكذا يمكن أن ندرك بشكل بديهي أن علماء الفلك العرب قد وجدوا تحت تصرفهم نتائج أرصاد حديثة أكثر عدداً من تلك التي اعتمد عليها بطلميوس في أعماله.

كان البتاني من أكبر راصدي الفترة الأولى من تاريخ علم الفلك العربي، عند ملتقى القرنين التاسع والعاشر. وقد تابع برنامجاً منظّماً للأرصاد، طيلة ثلاثين عاماً، في مدينة الرقّة الواقعة في شمال سوريا حالياً. وهو الذي نجد عنده، وللمرة الأولى على ما يبدو، إشارة إلى «أنابيب الرصد» في كتاب لعلم الفلك ذي تقليد عربي يوناني، وذلك في سياق البحث عن أول هلال قمري على الأفق[٢٣]. وتسمح هذه الأنابيب الخالية من العدسات بتركيز النظر على مكان من السماء، وذلك بحذف الضوء الطفيلي[٢٤]. لقد أشار البتاني

---

(٢٠) Charles Joseph Singer [et al.], eds., *A History of Technology,* 5 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1954 - 1958), vol. 3, pp. 586 - 601.

(٢١) في بغداد ودمشق خاصة، منذ الأرصاد الأولى.

(٢٢) Olaf Pederson, *A Survey of the Almagest,* Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 30 (Odense: Odense Universitetsforlag, 1974), pp. 408 - 422.

(٢٣) انظر: Albategnius, *Al-Battānī, sive Albatenii Opus Astronomicum (al-Zīj al-Ṣābī'),* vol. 3, pp. 137 - 138 et vol. 1, pp. 91 et 272.

(٢٤) انظر: R. Eisler, «The Polar Sighting Tube,» *Archives internationales d'histoire des sciences,* vol. 6 (1949), pp. 312 - 332. =

فقط إلى هذه الأنابيب، أما البيروني فقد وصفها بدقة في فصل مخصص للتحقق من وجود الهلال الجديد على الأفق[٢٥]: «وعلى هذا عمل البربخ الذي ينصب على عمود له حركتان: إحداهما على نفسه حتى يدير البربخ في جميع الجهات، والأخرى بنرماذجة يمكن أن تحرك البربخ في سطح دائرة الارتفاع الذي هو فيما لا يزول عنه، وأما البربخ فلا يقصر عن خمسة أذرع وسعته عن ذراع يجتمع فيه البصر ويقوى بظله وظلمته ويزاد في ذلك بتسويد جوفه من داخله، فمتى كان العمود منصوباً على مركز الدائرة الهندية وأدير على نفسه حتى يحصل شاقول البربخ على خط سمت الهلال ثم حرك بالحركة الأخرى حتى أحاط البربخ مع وجه الأرض بزاوية تساوي زاوية ارتفاع الهلال، وذلك سهل بربع دائرة مقسومة بتسعين [درجة]، يضاف إلى العمود حتى يدور معه في موازاة البربخ».

لقد تأكد استعمال أنبوب الرصد في العالم العربي منذ نهاية القرن التاسع أو بداية القرن العاشر على الأقل. وقد انتقل إلى الغرب اللاتيني في القرون الوسطى حيث أصبح آلة تقليدية في علم الفلك[٢٦].

لقد سجلت أرصاد كثيرة أخرى في الشرق خلال القرن العاشر. لنذكر بسرعة تلك التي أجراها:

ـ القوهي وأبو الوفاء البوزجاني في آخر القرن العاشر، في مرصد كبير بُني في بغداد في حدائق القصر الملكي، في عهد شرف الدولة (٣٧٢ ـ ٣٧٩ هـ/ ٩٨٢ ـ ٩٨٩م).

ـ عبد الرحمن الصوفي (المتوفى سنة ٣٧٦ هـ/ ٩٨٦م) الذي رصد الكواكب الثابتة، بشكل نظامي في أصفهان، وقاس مواضعها، ونشر بذلك قائمته المشهورة للكواكب، التي تشكل مراجعة كاملة لقائمة بطلميوس[٢٧].

ـ ابن يونس في القاهرة في أواخر القرن العاشر وبداية القرن الحادي عشر[٢٨].

= لم تظهر أنابيب الرصد هذه بشكل واضح في أي نص فلكي يوناني منقول إلينا، ولكنها كانت معروفة منذ القرن السادس في الصين. انظر: Joseph Needham and Wang Ling, eds., *Science and Civilisation in China* (Cambridge, Eng.: Cambridge University Press, 1954 -), vol. 3: *Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth*, pp. 332 - 334.

(٢٥) البيروني، **القانون المسعودي**، ص ٩٦٤، مؤلف B، الفصل ١٤، القسم الثاني.

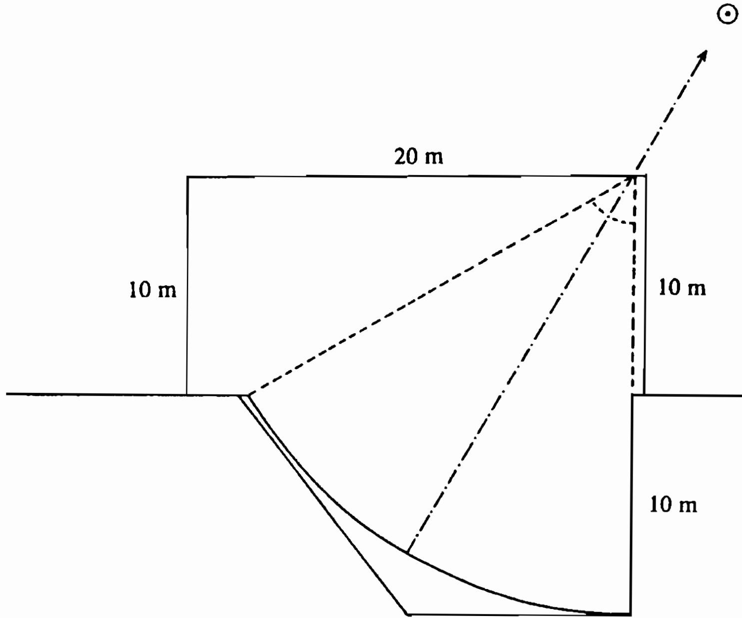
(٢٦) Eisler, Ibid., pp. 312 - 332.

(٢٧) انظر: عبد الرحمن بن عمر الصوفي، **كتاب صور الكواكب الثمانية والأربعين** (حيدر آباد الدكن: جمعية دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٣)، أعيد طبعه في (بيروت: دار الآفاق الجديدة، ١٩٨١)؛ الترجمة الفرنسية لـ: H. C. F. C. Schjellerup, *Description des étoiles fixes; composée au milieu du dixième siècle de notre ère, par l'astronomie persan 'Abd al-Raḥmān al-Ṣūfī* (St. Pétersbourg: Commissionaires de l'Académie impériale des sciences, 1874), réimprimé (Frankfurt: [s. n.], 1986).

(٢٨) انظر: Ibn Yūnus, *Le Livre de la grande table hakémite.*

ولكننا سنكون أكثر إسهاباً في الحديث عن مرصد ري.

لقد ابتكر الخجندي (المتوفى سنة ٣٩٠ هـ/ ١٠٠٠م) وأنجز سُدسِيَّة كبيرة للأرصاد الشمسية في مدينة ري الواقعة على بعد 12 كلم جنوب طهران، في عهد فخر الدولة (٣٦٦ ـ ٣٨٧ هـ/ ٩٧٧ ـ ٩٩٧ م) الذي أعانه مالياً. وترتكز السدسية على مبدأ الغرفة السوداء. وهي غرفة مظلمة ذات فتحة صغيرة في السقف[٢٩].



الشكل رقم (١ ـ ٣)

كان المبنى موجَّهاً من الشمال إلى الجنوب بمحاذاة خط زوال المكان. وكان مؤلَّفاً من حائطين متوازيين، تفصل بينهما مسافة 3.5 أمتار، ويبلغ طول كل منهما 10 أمتار، مع علو يناهز 20 متراً (الشكل رقم (١ ـ ٣)). ولا يدخل فيه النور إلا من ثقب في الطرف الجنوبي من سقفه. وقد حُفرت أرضه جزئياً بين الحائطين بحيث يمكن رسم سدسية مركزها في فتحة السقف وشعاعها يبلغ 20 م. وقد غطي داخل قوس السدسية، حيث تتكون صورة الشمس عندما توجد على خط الطول، بصفائح من النحاس، وكانت

(٢٩) Fr. Bruin, «The Fakhri Sextant in Rayy,» *Al-Bīrūnī Newsletter* (Beirut, American University of Beirut), no. 19 (April 1969), pp. 1 - 12.

التداريج المرسومة على القوس تسمح بقياس ارتفاع الشمس على الأفق أو مسافتها إلى سمت الرأس. وقد بلغ طول كل درجة 35 سم تقريباً، وهي مقسومة إلى 360 قسماً يمثل كل قسم منها 10 ثوان. وتشكل صورة الشمس عند مرورها بخط الزوال دائرة يبلغ قطرها 18 سم. وبعد تحديد مركز هذه الدائرة تتم قراءة دقيقة لقيمة زاوية على الغلاف النحاسي. وقد قاس الخجندي سنة ٩٩٤ مَيل فلك البروج فوجده مساوياً لـ ١٩، ٣٢؛ ٢٣ درجة، وقاس خط عرض ريّ فوجده مساوياً لـ ٣٩، ٣٤؛ ٣٥ درجة. ولكن ليس لدينا أي دليل لمعرفة المدة التي استُعملت فيها هذه السدسية.

هناك إشارات عديدة إلى وجود آلات كبيرة الحجم في عدد من المراصد السابقة ـ فقد تم مثلاً إنجاز بناء شكله كروي وطول قطره 12.5 م في مرصد شرف الدولة في بغداد، يسمح بمتابعة مدار الشمس ـ ولكن وصف سدسية ري الكبيرة هو الأول من نوعه الذي أعطي بهذه الدقة لبناء كبير في نطاق مرصد ثابت، بينما كان أكثر الآلات الهلينستية التقليد قابلاً للنقل أو ممكن الصنع في مكان والنقل إلى مكان آخر للاستعمال، بما في ذلك الحلقات النحاسية الكبيرة والأنابيب المشابهة لأنبوب البتاني.

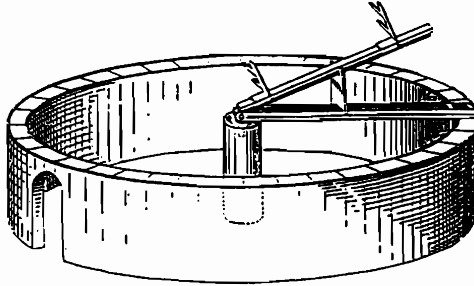
وهناك آلة أخرى كبيرة الحجم، لها قاعدة حجرية ثابتة، وصفها ابن سينا (٣٧٠ ـ ٤٢٨/ ٩٨٠ ـ ١٠٣٧) في كتابه **مقالة في الآلات الرصدية**[٣٠]. وهي عبارة عن حائط مستدير قطره 7 أمتار تقريباً، يحمل في قمته دائرة مدرَّجة وضعها أفقي دقيق. ويوجد في مركز الدائرة ركيزة تحمل مسطرة مزدوجة ذات مفصل عمودي يمكّنها من الدوران أفقياً حول هذا المركز. تستند المسطرة السفلى على الدائرة المدرجة وتسمح بقياس السمت، أما المسطرة العليا فهي مزوَّدة بجهاز لتصويب النظر؛ وتعطي الزاوية التي هي بين المسطرتين ارتفاع الجسم المرصود. وهكذا نجد ثانية تركيباً يقوم على مبدأ مماثل لمبدأ «أنبوب الرصد» الذي وصفه البيروني. وبعد مرور حوالى قرنين من الزمان على وصف هذه الآلة من قِبَل ابن سينا، تم في مَراغة إنشاء آلة أخرى شبيهة بها مع زيادة مجموعة أخرى من المساطر المفصلية، ـ أو زيادة جهاز يتألف من ميناءين عموديين لتصويب النظر قابلين للدوران بشكل مستقل حول مركز الدائرة الكبرى الحجرية ـ وذلك للتمكن من قياس الارتفاع والسمت لجرمين سماويين في نفس الوقت.

إن هذه الآلة التي وصفها ابن سينا تثير الاهتمام بشكل خاص، إذ انها مزوَّدة بجهاز

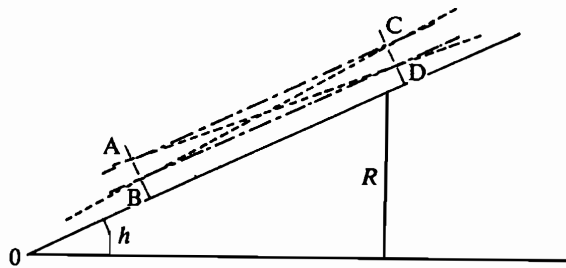
(٣٠) نشر وايدمان (Wiedemann) وجاينبول (Juynboll) النص العربي وترجماه إلى اللغة الألمانية مع شروح. الشكلان التاليان مأخوذان من هذه النشرة. Eilhard E. Wiedemann and Th. W. Juynboll, «Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument,» *Acta Orientalia*, Bd. 5 (1927), pp. 81 - 167.

أما رسم الآلة فقد أنجزه ج. فرانك تبعاً لمعطيات النص ولما يعرفه المؤلف الأخير عن آلات الرصد في مراغة.

لتصويب النظر أكثر دقة من أجهزة تصويب النظر التي رُكبت على الآلات التي سبقتها، مع إمكانية قراءة الدقائق والثواني بشكل مستقل. ومن المحتمل أن يكون ابن سينا قد ابتكر هذا الجهاز بنفسه. المسطرة العليا في هذا الجهاز مزودة بهدفَتَين متماثلتين متحركتين على طول المسطرة، لكل واحدة منهما ثقبان للتصويب (انظر الرسم على الشكل رقم (١ ـ ٤ ب))



الشكل رقم (١ ـ ٤أ)



الشكل رقم (١ ـ ٤ب)

متراكبان، A وB على الهَدَفة الأولى، وC و D على الهَدَفة الثانية، بحيث يكون AB=CD. لتكن a الزاوية CAD وb الزاوية CBD. إن قراءة وضعَي الهَدَفَتين على المسطرة العليا تمكِّن من معرفة قيمتي هاتين الزاويتين. إذا صوّبنا النظر إلى جرم سماوي من خلال الثقبين A وC ـ أو B وD ـ يكون الارتفاع المطلوب للجرم السماوي المرصود مساوياً للزاوية h المحدَّدة بوضع المسطرة الصغيرة R على المسطرة السفلى. وإذا صوّبنا النظر إلى نفس الجرم من خلال الثقبين A وD توجَّب علينا تغيير موضع R بحيث تصبح قيمة الزاوية في النقطة O مساوية لـ h_1 بحيث يكون $h=h_1-a$. أما اذا صوّبنا النظر من خلال الثقبين B و C، فيجب تغيير الزاوية في O من جديد لكي تأخذ القيمة h_2 بحيث يكون $h=h_2+b$. وهكذا

يمكن جعل R في موضع بحيث تكون قيمة h_1 مساوية لأصغر عدد صحيح بالدرجات يتجاوز ارتفاع الجرم المرصود، وتكون قيمة h_2 مساوية لأكبر عدد صحيح بالدرجات لا يتعدى ارتفاع الجرم. بعد ذلك يجري تعديل وضعَي الهدفتين على المسطرة العليا بشكل يسمح برصد الجرم السماوي من خلال A وD أو B وC وبتحديد دقيق لقيمة الزاوية a أو قيمة الزاوية b اللتين تقلّان عن الدرجة الواحدة. ولا يبقى علينا عندئذ سوى طرح a من h أو زيادة b إلى h_2. وهكذا نرى أن موضع المسطرة الصغيرة R يعطي عدد الدرجات بينما نحصل على الدقائق من موضعَي الهدفتين AB وCD. إن هذه الطريقة تحقق لنا كسباً كبير الأهمية في دقة القياسات المسجّلة.

أسس مَلِكشاه (٤٦٥ ـ ٤٨٥هـ/ ١٠٧٢ ـ ١٠٩٢م) حوالى سنة ١٠٧٤م، في منطقة أصفهان على الأرجح، مرصداً كبيراً، منظماً بعناية، عمل فيه خاصة الخيّام. لقد برمجت فيه الأرصاد لمدة ثلاثين سنة، وهي مدة دورة كاملة لزُحَل، الكوكب المعروف في ذلك الوقت بكونه الأكثر بعداً عن الأرض[٣١]. ولكن هذا المرصد لم يعمل، في الواقع، إلا لمدة ١٨ عاماً فقط، إذ توقف العمل فيه بوفاة مؤسّسه. إلا أنه كان أول مرصد رسمي تواصل نشاطه طيلة مثل هذه المدة في إطار تنظيم مخطط دقيق. لقد بُني، وفقاً لهذا النهج بشكل واضح، مرصد مراغة الذي نعرف جيداً كيف كان يعمل، في النصف الثاني من القرن الثالث عشر، فسجل منعطفاً هاماً في تاريخ علم الفلك العربي[٣٢].

سمح مرصد مراغة (التي تقع في شمال غرب إيران الحالية) بإعداد مجموعة من الجداول الفلكية هي **الزيج الألخاني**. وأعطى، على الأخص، العلماء الذين كانوا يعملون فيه إمكانية إعداد هيئات هندسية أحسن من تلك التي وضعها بطلميوس لتحليل الحركات السماوية، وذلك بفضل الجودة الكبيرة للآليات والتنظيم الدقيق للعمل وعدد الباحثين من ذوي المستوى الرفيع الذين استطاعوا العمل فيه في آن واحد. كان نصير الدين الطوسي (٥٩٧ ـ ٦٧٢هـ/ ١٢٠١ ـ ١٢٧٤م) رب العمل فيه، بينما كان العُرضي (المتوفى سنة ٦٦٤هـ/ ١٢٦٦م) مسؤولاً عن تصميم الآلات.

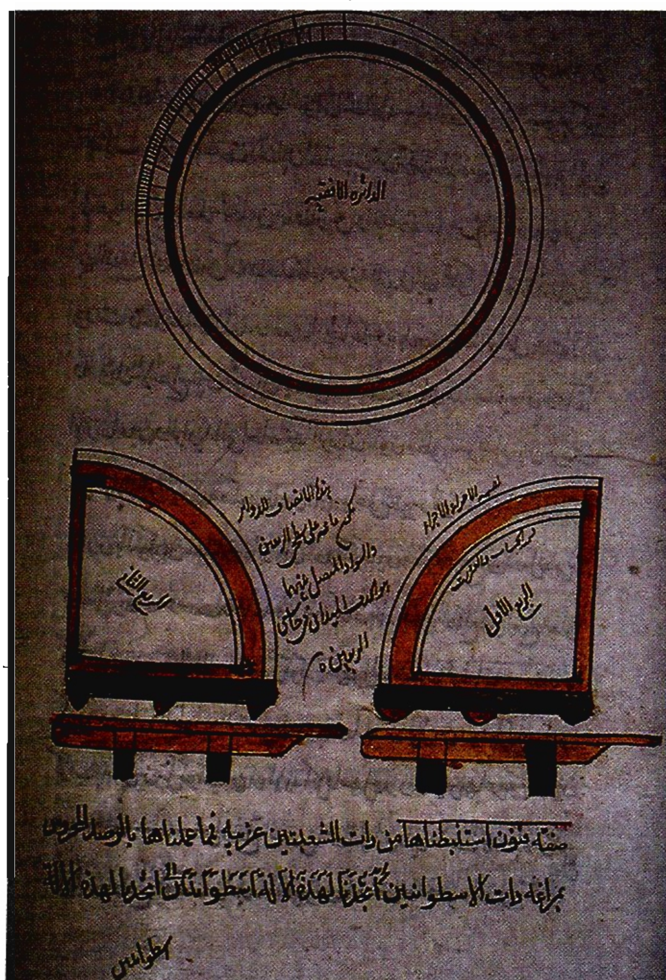
وقد موّل البناء هولاكو خان (المتوفى سنة ٦٦٣هـ/ ١٢٦٥م) الذي خصص للمرصد إيرادات هامة من أموال الأوقاف لتأمين نفقاته. وكانت هذه هي المرة الأولى، على علمنا، التي يتمتع فيها مرصد بهذا الامتياز، وهذا ما يفسر كيف أمكن استمرار العمل فيه حتى

---

(٣١) انظر: Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*, pp. 160 - 166.

(٣٢) انظر: المصدر نفسه، ص ٢٥٩ ـ ٣٠٥، و P. Vardjavand, «Rapport sur les résultats des excavations du complexe scientifique de l'observatoire de Marāgha,» paper presented at: Muammer Dizer, ed., *Proceedings of the International Symposium on the Observatories in Islam, Istanbul, 19 - 23 September 1977* (Istanbul: [n. pb.], 1980), pp. 143 - 163.

بعد وفاة مؤسّسه هولاكو، إذ إن التمويل لم ينقطع فجأة بوفاة الأمير الذي رعاه، كما حدث لمرصد ملكشاه مثلاً.



الصورة رقم (١ ـ ١)
مؤيد الدين العرضي، رسالة في كيفية الأرصاد
(اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٣٢٩).
خصص العرضي هذا الكتاب لتصميم الآلات اللازمة لمرصد «مراغة»،
ونرى هنا آلتين ووضعهما الفعلي في المرصد.

بدأ بناء هذا المرصد في سنة (٦٥٧هـ/ ١٢٥٩م)، وتم، على ما يظهر، في سنة ٦٦١هـ/ ١٢٦٣م، وقد تضمنت مجموعة الأبنية التي شُيِّدت على أرض بلغت أبعادها 220 × 280 م، بالإضافة إلى مختلف الآلات، مكتبة علمية عظيمة الأهمية ومسبكة لصنع الأجهزة النحاسية. أما الآلات التي صممها العُرضي فهي التي كانت معروفة في ذلك الوقت، ولكنها حُسنت كِبراً ودقة، ما عدا آلة واحدة يظهر أنها ابتُكرت في مراغة. تلك هي الدائرة السمتية المزوّدة بميناءين لتسمح، بقياس الارتفاع على الأفق لجرمين، في آن واحد.

كان برنامج الأرصاد المتواصلة، كما ابتغاه نصير الدين الطوسي، مُعَداً لمدة ثلاثين عاماً، مثلما كان ذلك في مرصد ملكشاه ولنفس السبب، الا أن هذه المدة عُدّلت إلى اثنتي عشرة سنة، مقدار دورة المشتري. وقد نُشر **الزيج الألخاني** فعلاً بعد هذه المدة. لقد عمل كثير من العلماء في مراغة، أشهرهم نصير الدين الطوسي ومؤيد الدين العرضي المذكوران سابقاً، ومحيي الدين المغربي وقطب الدين شيرازي اللذان سنتحدث عنهما في الفصول القادمة. كل هؤلاء شاركوا في عملية تجاوز علم فلك بطلميوس. وهكذا تشكلت «مدرسة» حقيقية حول مراغة كان لها تأثير هام على كل التطور اللاحق في علم الفلك في الشرق.

هناك آثار لنشاط هذا المرصد حتى سنة ٧١٥هـ/ ١٣١٦م، تاريخ وفاة آخر مدير معروف له، وهو أصيل الدين، الذي استلم إدارته سنة ٧٠٤هـ/ ١٣٠٤م. إلا أن أبنيته كانت مهدمة حوالى سنة ١٣٥٠م. لذلك نحن أكيدون أن مرصد مراغة قد عمل مدة ما يزيد على خمسين عاماً دون أن نستطيع إعطاء تاريخ دقيق لتوقف العمل فيه.

كان لهذا المرصد تأثير كبير، ليس فقط بسبب أهمية الأعمال العلمية التي أُنجزت في إطاره والتي سنفصّلها فيما بعد، بل أيضاً لأنه ظهر كنموذج للمراصد الكبرى اللاحقة. وأشهر هذه المراصد جودة في الآلات هما مرصدا سمرقند واسطنبول. لقد أسس مرصد سمرقند سنة ٨٢٣هـ/ ١٤٢٠م الحاكم ألغ بك الذي كان أيضاً رجل علم كبير الأهمية. وقد تواصل نشاط هذا المرصد حتى سنة ١٥٠٠م تقريباً[٣٣]. أما مرصد اسطنبول فقد بناه الفلكي تقي الدين ابتداء من سنة ٩٨٢ هـ/ ١٥٧٥م ولم يعمل سوى عدة سنوات فقط[٣٤]. إن أواخر المراصد الكبرى التابعة لتقليد مراغة أُسست على يد جاي سنغ في الهند، في القرن الثامن عشر. نذكر منها خاصة مرصد جايبور (١٧٤٠) الذي ما تزال أغلب آلاته في مكانها حتى اليوم.

---

(٣٣) انظر: L. A. Sédillot, *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug Beyg* (Paris: Didot, 1853).

(٣٤) انظر: Sayili, Ibid., pp. 259 - 305.



الصورة رقم (١ ـ ٢)

مرصد جايبور (جنوب غرب دلهي).
نرى في الصورة سلسلة من الأبنية الضخمة التي كانت تستعمل
لرصد حركة الشمس ووضعها على دائرة البروج،
والتي كانت تستعمل أيضاً لتحديد الوقت.

لقد تمكنا من خلال هذه اللمحة الموجزة أن نرى بشكل سريع تطور المراصد في الشرق. أما في الغرب الإسلامي، الأندلس والمغرب، فقد كان نشاط الرصد الفلكي أضعف بكثير مما كان في الشرق، ولم يندرج في تقليد متبوع. ونحن لا نجد فيه أثراً لمراصد عامة منظّمة. إن الأرصاد الدقيقة الوحيدة التي نُقلت قد أنجزت هناك في مراصد خاصة، في نهاية القرن الرابع الهجري، العاشر الميلادي، من قبل مَسلمَة المجريطي، وفي القرن الخامس الهجري، الحادي عشر الميلادي، من قبل الزرقالي الذي كان لمؤلّفه **جداول طليطلة** تأثير كبير في الغرب اللاتيني خلال القرون الوسطى[٣٥].

(٣٥) انظر: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990).

ثالثاً: مسائل علم الفلك العملية

ابتداءً من نهاية القرن الثامن ومع تطور العلوم الدقيقة في النطاق المتميز لمجتمع إسلامي منظم، طلب من العلماء المتخصصين في مختلف المواد العلمية، أن يحلّوا بعض المسائل ذات التأثير الاجتماعي أو الديني. وهكذا كان على علماء الفلك مثلاً أن يلبوا الطلبات التقنية للمنجّمين الذين كان دورهم الاجتماعي والرسمي مهماً. وقد تمت، لأجل ذلك جزئياً، كتابة الأزياج. وقد طُلب من الفلكيين على الأخص الإسهام في حل مسائل عملية تتعلق بالتقاويم والساعات والتوجه على الأرض أو على البحر. وهذا ما عبر عنه ابن يونس في مقدمة كتابه **الزيج الحاكمي**، الذي حرره في بداية القرن الحادي عشر قائلاً: «ولما كان للكواكب ارتباط بالشرع في معرفة أوقات الصلوات وطلوع الفجر الذي يحرّم به على الصائم الطعام والشراب، وهو آخر أوقات الفجر، وكذلك مغيب الشَّفَق الذي هو أول أوقات العِشا الآخرة، وانقضاء الأيمان والنذور والمعرفة بأوقات الكسوف للتأهب لصلاته والتوجه إلى الكعبة لكل مُصلٍّ، وأوائل الشهور معرفة بعض الأيام إذا وقع فيه شكٌ وأوان الزرع ولقاح الشجر وجني الثمار ومعرفة سمت مكان من مكان والاهتداء عن الضلال»[٣٦].

كل هذه المواضيع كانت مصدراً للتطورات النظرية الهامة التي تجاوزت كثيراً الإطار الضيق للمسائل التطبيقية المطروحة. سوف نعالج فيما بعد بشكل خاص: صناعة المزاوِل وعلم الميقات، ومسألة القِبلة، أي كيفية تحديد اتجاه مكة انطلاقاً من مكان معين، حساب قابلية رؤية الهلال، الجغرافيا الرياضية، حساب خط الطول وخط العرض لمكان معين، وعلم الملاحة للتوجه في البحر...

لنفصّل الآن مسائل التقاويم.

التقويم الرسمي في العالم العربي هو التقويم الهجري الذي يستند إلى السنة القمرية. لنذكّر بأن السنة الأولى للهجرة قد بدأت في يوم الجمعة ١٦ تموز/ يوليو سنة ٦٢٢ ميلادية، وأن السنة القمرية تتألف من اثني عشر شهراً، والشهر القمري يتألف من ٢٩ أو ٣٠ يوماً. ويحدث تغيير اليوم عند غروب الشمس، بينما يتم الدخول في الشهر التالي عند رؤية أول هلال قمري على الأفق تماماً بعد غروب الشمس. لقد أعطى بطلميوس قيمة دقيقة جداً لمتوسط طول الشهر القمري. وهي تزيد قليلاً على ٢٩ يوماً ونصف (بحوالى 44 دقيقة تقريباً). لذلك فإن القيمة الوسطية للسنة القمرية المؤلفة من اثني عشر شهراً، تساوي ٣٥٤,٣٦٧ يوماً. وقد تحقق الفلكيون العرب من هذه القيمة وأخذوا بها منذ القرن التاسع، وأعدوا دورة من ٣٠ سنة لوضع تقويم رسمي، تتناوب فيه الأشهر ذات الأطوال المساوية لـ ٣٠ يوماً مع الأشهر ذات الأطوال المساوية لـ ٢٩ يوماً، ويزاد يوم في الشهر

---

(٣٦) انظر: Ibn Yūnus, *Le Livre de la grande table hakémite*, pp. 60 - 61.

الأخير لكل سنة من السنوات الإحدى عشرة، لهذه الدورة، والتي تحمل الأرقام التالية: ٢، ٥، ٧، ١٠، ١٣، ١٦، ١٨، ٢١، ٢٤، ٢٦، و٢٩. وهكذا تمّ التوافق على المدى الطويل، مع المعطيات الفلكية بشكل جيد. ولكن رؤية أول هلال على الأفق، مساء اليوم التاسع والعشرين، كانت تقود دائماً إلى تغيير الشهر في المكان الذي تحصل فيه هذه الرؤية، مما قد يؤدي إلى حصول فرق مساوٍ للوحدة في مراتب أيام الشهر من طرف إلى آخر من أطراف العالم الإسلامي. ومع أن الشريعة الدينية تقتضي رؤية الهلال الفعلية، فإن المسألة المطروحة على علماء الفلك هي مسألة إمكانية التنبؤ، عن طريق الحساب، بقابلية رؤية هلال القمر في مكان معين، مساء اليوم التاسع والعشرين للشهر، مهما كانت معطيات التقويم الرسمي (وهذا ما يخص «الأيام التي يدخل فيها الشك»، في النص السابق لابن يونس). إن هذه المسألة صعبة نظراً لعدد الوسائط التي تدخل فيها ـ إحداثيات الشمس والقمر السماوية، السرعة الظاهرية النسبية لهذين «النيّرين»، عرض المكان، ضيائية السماء على الأفق، . . الخ. وقد أكبَّ عليها العديد من علماء الفلك، وهذا ما أدى إلى تطورات نظرية مهمة جداً حول قابلية رؤية الكواكب على الأفق، تماماً بعد غروب الشمس.

كان التقويم الشمسي دائم الاستخدام في بلاد الفرس، إلى جانب التقويم القمري. وكان مطابقاً حينئذ لـ **تاريخ يزدجرد** الذي بدأ في ١٦ حزيران/ يونيو سنة ٦٣٢م. وكما هي الحال في «التقويم المصري» الذي استخدمه بطلميوس في **المجسطي**، تنقسم السنة إلى اثني عشر شهراً، طول كل واحد منها ثلاثون يوماً، يضاف إليها في آخرها خمسة أيام إذا كانت سنة عادية، وستة أيام كل أربع سنوات عندما تكون كبيسة. هذه الأيام الإضافية التي كانت تسمى «الأيام النسيئة»، سمحت بمطابقة السنة الرسمية مع السنة الشمسية الفلكية. لقد تبنى علماء الفلك في بغداد هذا التقويم منذ البداية لأن الدورة الشمسية هي في أساس القياسات في علم الفلك، ولأنه من الأسهل وضع جداول حركات الكواكب عندما يبقى طول كل شهر مساوياً بشكل دائم لثلاثين يوماً. ولكن طول السنة أقصر بقليل من ٣٦٥ يوماً وربع اليوم، وفي آخر القرن الحادي عشر كلّف جلال الدولة ملكشاه ـ الذي أسس المرصد الكبير المشار إليه آنفاً ـ علماء الفلك الذين كانوا تحت رعايته بمراجعة تركيب هذا التقويم للقيام بالتصحيحات الضرورية وتجنب تراكم التفاوت البسيط مع حركة الشمس الظاهرية. وهكذا أسس في سنة ٤٦٧هـ/ ١٠٧٥م، «التاريخ الجلالي» الذي يوجد فيه ثماني سنوات كبيسة كل ٣٣ سنة ـ بدلاً من ٣٢ سنة في التقويم السابق ـ و هذا ما أعطى تطابقاً ممتازاً مع الحسابات الفلكية. إن هذا التصحيح شبيه بالتصحيح الذي لم يحصل في الغرب إلا في سنة ١٥٨٢م عندما تم الانتقال من التقويم اليوليوسي إلى التقويم الغريغوري[٣٧].

---

(٣٧) انظر: «Djalālī,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, vol. 2, pp. 408 - 410.

لكن المساهمة الكبرى لعلماء الفلك العرب، خارج ما يمكن أن نسميه بعلم الفلك العملي، تكمن في ميدان علم الفلك النظري البحت الذي لا يخلو من صلة مع الميدان السابق.

رابعاً: الفترات الكبرى في تاريخ علم الفلك العربي

يمكن أن نقسم إجمالاً تاريخ علم الفلك العربي إلى فترتين كبيرتين يقع عند ملتقاهما القرن الحادي عشر.

كان عمل الفلكيين من القرن التاسع حتى القرن الحادي عشر يتم، بشكل شبه حصري، ضمن إطار المخططات الهندسية الموروثة عن بطلميوس والتي نُقِّحت وانتُقدت استناداً على أرصاد جديدة. وفي القرن الحادي عشر قام ابن الهيثم (٣٥٤ ـ ٤٣٠هـ/ ٩٦٥ ـ ١٠٣٩م) بتقدير شامل للملف العلمي المتراكم خلال قرنين في كتابه **الشكوك على بطلميوس**[٣٨]. وقد وضع فيه قائمة بالتناقضات الموجودة في كتب بطلميوس: **المجسطي وكتاب الاقتصاص والبصريات**، تلك التناقضات التي أظهرتها أعمال الفلكيين السابقة والتي بقيت دون حل. ولكنه لم يقترح حلاً لهذه التناقضات.

إن هذا البيان النقدي أدى إلى مأزق مؤقت، إذ لا يمكن إيجاد حل إلا من خارج الإطار الذي بقي فيه علم الفلك سجيناً. لذلك جرى البحث عن حلول من نوعين مختلفين كل الاختلاف، أحدهما في الغرب الإسلامي والآخر في الشرق.

ظهر اقتراح، في الأندلس، للرجوع إلى المبادىء الأرسطية: التخلي عن أفلاك التدوير والدوائر الخارجة المراكز والعودة إلى الكرات المتحدة المراكز التي هي أكثر تماسكاً من وجهة النظر الفيزيائية. إن البطروجي (أواخر القرن الثاني عشر) هو الممثل الأكثر تشخيصاً لهذه المدرسة. ولكن أسسها كادت أن تكون فلسفية محضة. وكان من المستحيل القيام بحساب، انطلاقاً من نتائجها، أو التثبت من هذه النتائج بأرصاد مرقمة. وهكذا أدى هذا المنهج إلى طريق مسدود، وإن بقي مضمونه الفلسفي مثيراً للاهتمام.

أما الحل المقترح في الشرق فكان ذا طابع علمي، وهذا ما نسميه بالفترة الثانية في علم الفلك العربي، إذ جرى البحث، من أجل تحليل حركات الكواكب، عن هيئات هندسية لأفلاك التدوير والدوائر المنحرفة المراكز. وكانت هذه الهيئات تستند إلى مبدأ مركزية الأرض، ولكنها مخالفة لما وضعه بطلميوس. ولقد تم القسم الأكبر من هذا العمل على أيدي الفريق المشكل حول مرصد مراغة الذي وصفناه سابقاً.

وهكذا سنقسم عرضنا لتطور علم الفلك النظري في العالم العربي إلى فصلين متميزين مقابلين للفترتين الشرقيتين الكبيرتين، وسنتكلم عن عمل الفلكيين في الغرب الإسلامي في الفصل التاسع: تطورات العلم العربي في الأندلس.

---

(٣٨) انظر في المراجع ما ورد تحت اسم ابن الهيثم.

ـ ٢ ـ

علم الفلك العربي الشرقي بين القرنين الثامن والحادي عشر(*)

ريجيس مورلون

يذكر القفطي أن أول عالم عربي اهتم بعلم الفلك هو محمد بن إبراهيم الفزاري (النصف الثاني من القرن الثامن للميلاد)، وذلك في بداية عهد العباسيين[١]. وقد ورد اسمه في رواية مشهورة تقول إن الخليفة المنصور قد استقبل حوالى سنة ٧٧٠م في بغداد وفداً هندياً ضم عالِماً بالفلك. لم يُذكر اسم هذا العالِم ولكن الرواية تقول انه كان يحمل نصاً واحداً على الأقل باللغة السنسكريتية في علم الفلك، وان هذا النص قد نقل إلى العربية تحت اسم **زيج السندهند**[٢] بحضور عالِم الفلك الهندي وتحت إشرافه. وقد كُلِّف الفزاري ويعقوب بن طارق بهذا العمل[٣]. ومهما تكن القيمة التاريخية لتفاصيل الوقائع

(*) قام بترجمة هذا الفصل بدوي المبسوط.

(١) انظر: أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، تحقيق يوليوس ليبرت (ليزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣).

(٢) انظر الإشارة إلى المراجع الهندية في الفصل الأول.

(٣) انظر: أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، **كتاب في تحقيق ما للهند** (حيدر آباد الدكن: [د.ن.]، ١٩٥٨)، ص ٣٥١ ـ ٣٥٢. إن البيروني، بشكل عام، كاتب أمين جداً عندما ينقل رواية ذات طابع علمي، لا سيما في ما يخص الهند. ومن الأرجح أن تكون الرواية، التي نحن بصددها، مستندة إلى واقعة تاريخية حقيقية. ولكننا لا نستطيع أن نجزم إطلاقاً بأصالة كل ما ورد في هذه الرواية بسبب نقص بعض العناصر: إن المصادر العربية المختلفة لا تتفق على تاريخ أكيد للرواية، من هو هذا العالم الفلكي الهندي؟ وبأية لغة تحاور مع محادثيه؟ هل كان الغرض ترجمة نص بالمعنى الخاص للكلمة وأي نص؟ إذ إن العبارة «زيج السندهند» قد تكون عامة بشكل خالص، أم لم يكن هناك إلا نقل لنتائج على شكل جداول؟... الخ.

المسرودة في هذه الرواية، فقد أجمع المؤلفون الذين جاؤوا بعد المؤلفَين الأخيرين على أنهما اللذان أدخلا علم الفلك للمرة الأولى في العالم العربي استناداً إلى مصادر هندية.

لقد ضاعت مؤلَّفات الفزاري ويعقوب بن طارق، ولكن بقي منها عدد من المقتطفات، لدى الكتاب اللاحقين(٤). من المعروف أن الأول قد ألَّف **زيج السندهند الكبير**. وتدل الاستشهادات اللاحقة المأخوذة من هذا الكتاب على أن الفزاري قد مزج بين وسائط هندية وعناصر من أصل فارسي مأخوذة من **زيج الشاه**. وهناك آثار لثلاثة مؤلَّفات ليعقوب بن طارق: **زيج محلول في السندهند لدرجة درجة**، **تركيب الأفلاك**، و**كتاب العلل**. وإن أسس الاستدلال في هذه الكتب الثلاثة هي نفسها التي اتبعها الفزاري. لقد كان لهذين المؤلِّفين الفضل الكبير في إدخال علم الفلك في العالم العربي. ولكن مؤلَّفاتهما، إذا حكمنا عليها من خلال ما تبقى منها، تظهر كأنها تجميع للعناصر التي كانت تحت تصرفهما، دون التحقق منها بالرصد، ودون السعي إلى تماسك حقيقي داخلي.

إن أول كتاب في علم الفلك العربي نقل إلينا بكامله هو **زيج السندهند** لمحمد بن موسى الخوارزمي. وهو يتبع التقليد السابق مع إدخال لعناصر من علم فلك بطلميوس. لقد فُقد نصه العربي، وتم نقله بواسطة ترجمة لاتينية أنجزها في القرن الثاني عشر للميلاد أدلار دو باث (Adélard de Bath) استناداً إلى مراجعة للكتاب أجراها المجريطي (المتوفى سنة ٣٩٨ هـ/ ١٠٠٧م) في الأندلس(٥).

عاش الخوارزمي من نهاية القرن الثامن إلى منتصف القرن التاسع للميلاد، وهو مشهور أيضاً كرياضي بفضل مؤلَّفه في الجبر. وقد حرَّر كتابه في علم الفلك في عهد المأمون (٨١٣ ـ ٨٣٣م). لا يحتوي الكتاب على أي عنصر نظري، وهو عبارة عن مجموعة جداول لحركات الشمس والقمر والكواكب الخمسة المعروفة، مع شرح لطريقة استخدامها العملي. إن أكثر الوسائط المستخدمة فيه هندية المصدر، وكذلك هي طرق الحساب الموصوفة فيه وخاصة استخدام الجيوب. غير أن الخوارزمي اقتبس بعض عناصر الكتاب

---

(٤) حول الفزاري، انظر: David Pingree, «The Fragments of the Works of al-Fazārī,» *Journal of Near Eastern Studies*, vol. 29, no. 2 (April 1970), pp. 103 - 123.

وحول يعقوب بن طارق، انظر: David Pingree, «The Fragments of the Works of Ya'qūb Ibn Ṭāriq,» *Journal of Near Eastern Studies*, vol. 27, no. 2 (April 1968), pp. 97 - 125.

(٥) نص لاتيني نشره: Heinrich Suter, *Die Astronomischen Tafeln des Muḥammed Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Ahmed al-Madjrīṭī und der latein,* Übersetzung des Athelhard von Bath auf grun der vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen... hrsg und Kommentiert von H. Suter (Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1914),

ترجمه وشرحه: Otto Neugebauer, *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*, translated with commentary of the latin version (Copenhagen: [n. pb.], 1962).

الصورة رقم (٢ ـ ١)

محمد بن موسى الخوارزمي (الثلث الأول من القرن الثالث الهجري، النصف الأول من القرن التاسع الميلادي)، الزيج، تنقيح أبو القاسم مسلمة المجريطي (٣٣٨ ـ ٣٩٨هـ/ ٩٥٠ ـ ١٠٠٧م)؛ ترجمة أدلار دو باث (أوكسفورد، مخطوطة مكتبة بودلين، Auct. F 1.9).

لم يبق من هذا النص الا ترجمته اللاتينية بعد أن فُقد الأصل العربي. واعتمد الخوارزمي في كتابة هذا، **الزيج**، على أصول هندية دخلت العالم العربي قبل ترجمة النصوص اليونانية. ولقد نقح المجريطي بعض النتائج حتى توافق ما يمكن الحصول عليه على خط طول قرطبة في الأندلس.

من **الجداول الميسرة** لبطلميوس[٦] دون أن يسعى إلى تماسك ما بين مختلف النتائج المأخوذة عن الهنود في أول الأمر وعن بطلميوس بعد ذلك. وهكذا نجد هنا نفس المشكلة التي لقيناها في مؤلفات الفزاري وابن طارق، والتي نتجت عن استخدام المصادر الهندية والفارسية في آن واحد.

وقد أصبح دور هذه التقاليد الهندية، التي لا تتضمن إلا طرائق للحساب ومجموعات من الوسائط لتأليف الجداول، ثانوياً بسرعة بالنسبة إلى علماء الفلك العرب في بغداد خلال القرن التاسع. وقد جرى ذلك لصالح علم الفلك الذي وضعه بطلميوس، لأنه غني بالاستدلالات النظرية. وهذا ما سمح بتطور علم الفلك كعلم دقيق. غير أن هذا التقليد الهندي حافظ على تأثير لا يستهان به، في تأليف الجداول الفلكية في الغرب الإسلامي (الأندلس والمغرب)[٧].

أولاً: إدخال علم الفلك اليوناني

كنا قد أشرنا في المقدمة إلى «المجموعة الفلكية الصغيرة» الحاوية على أحد عشر مؤلفاً صغيراً باللغة اليونانية، والتي كانت تعتبر كتمهيد لقراءة مؤلَّفات بطلميوس. لقد أُنجزت ترجمة هذه المجموعة إلى العربية خلال القرن التاسع للميلاد من قبل علماء موثوقين أجادوا العربية واليونانية: حنين بن إسحق (المتوفى سنة ٨٧٧م)، ابنه إسحق بن حنين (المتوفى سنة ٩١١م)، ثابت بن قرة (المتوفى سنة ٩٠١م)، قسطا بن لوقا (المتوفى في أوائل القرن العاشر للميلاد)[٨].

وقد ترجمت مؤلفات بطلميوس الأربعة التي ذكرناها في المقدمة إلى العربية في القرن التاسع للميلاد أيضاً. وأهمها **المجسطي** بسبب التأثير الذي أحدثه[٩]. وكانت له عدة ترجمات، كما قال المؤلف ابن الصلاح في القرن الثاني عشر: «وكان قد حصل من كتاب

---

(٦) انظر: Neugebauer, Ibid., pp. 101 - 108.

(٧) انظر: Edward Stewart Kennedy and David A. King, «Indian Astronomy in Fourteenth-Century Fez: The Versified Zīj of al-Qusunṭīnī,» *Journal for the History of Arabic Science,* vol. 6, nos. 1 - 2 (1982), pp. 3 - 45.

(٨) ترجمت مؤلفات إقليدس الأربعة من قبل حنين بن اسحق وثابت بن قرة. وترجم قسطا بن لوقا مؤلفات ثاودوسيوس الثلاثة. وترجم اسحق بن حنين أحد كتابَيْ أوطوليكوس، وترجم قسطا بن لوقا الكتاب الآخر، وترجم أيضاً هذا الأخير كتاب أرسطرخس وكتاب ابسقلوس. أما كتاب منالاوس فقد ترجمه حنين أو ابنه اسحق.

(٩) حول نقل **المجسطي** إلى العربية، انظر: Paul Kunitzsch, *Der Almagest: Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in Arabisch-Lateinischer Überlieferung* (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1974).

المجسطي خمس نسخ مختلفة اللغات والتراجم، منها نسخة سريانية قد نقلت من اليونانية، ونسخة ثانية بنقل الحسن بن قريش للمأمون من اليونانية إلى العربية، ونسخة ثالثة بنقل الحجاج بن يوسف بن مطر وهليا بن سرجون للمأمون أيضاً من اليونانية إلى العربية، ونسخة رابعة بنقل إسحق بن حنين لأبي الصقر بن بلبل من اليونانية إلى العربية، وهي دستور إسحق وبخطه، ونسخة خامسة بإصلاح ثابت بن قرة لنقل إسحق بن حنين»[10].

لقد ضاعت ثلاث من هذه النسخ: الأولى وهي النسخة السريانية المجهولة المترجم، الثانية وهي النسخة العربية للحسن بن قريش التي توجد بعض آثارها على الأخص في مؤلّفات البتاني في القرن العاشر[11]، والرابعة وهي نسخة إسحق بن حنين قبل مراجعة ثابت بن قرة لها. لدينا حالياً على شكل مخطوطٍ[12] بالعربية نسختان: الثالثة التي أنجزها الحجاج حوالى (٨٢٧ ـ ٨٢٨م) بأمر من المأمون، والخامسة التي أنجزها إسحق بن حنين وراجعها ثابت بن قرة حوالى ٨٩٢م. وهاتان النسختان نقلتا من اليونانية إلى العربية. ويجب إضافة مراجعة أخرى، بل كتابة جديدة لكتاب المجسطي إلى لائحة ابن الصلاح أنجزها، بعد هذا الأخير، نصير الدين الطوسي في أواسط القرن الثالث عشر استناداً إلى نسخة إسحق ـ ثابت. وقد لقيت هذه النسخة انتشاراً واسعاً منذ ذلك العصر بين الفلكيين الناطقين بالعربية.

لنقارن بين نسختَي القرن التاسع الموجودتين لدينا. تبقى نسخة الحجاج قريبة جداً من النص اليوناني، وقد احتُفظ فيها ببنية الجملة اليونانية الأصلية في أغلب الأحيان. والمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها غامضة أحياناً، وهذا ما يفرض العودة، في

---

(١٠) انظر: Aḥmad Ibn Muḥammad Ibn al-Ṣalāḥ, *Zur Kritik der Koordinatenüberlieferung im Sternkatalog des Almagest*, édition et traduction par Paul Kunitzsch, Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Philologisch - Historische Klasse; Folge 3, Nr. 94 (Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1975),

النص العربي، ص ١٥٥، المخطوط ص ١٢ ـ ١٨.

(١١) انظر: Kunitzsch, Ibid., pp. 60 - 64.

(١٢) لقد نشر قسم واحد من هاتين النسختين، وهو جدول نجوم المجسطي. انظر:

Claudius Ptolemaues, *L'Almageste:* édition du texte grec par J. L. Heiberg (Leipzig: Teubner, 1898-1903); traduction française par N. Halma (Paris: [s. n.], 1813 - 1816), réimprimé (Paris: Hermann, 1927); traduction anglaise: Ptolemy, *Ptolemy's Almagest*, translated and annotated by G.J. Toomer (New York: Springer - Verlag, 1984), et édition et traduction allemande de deux versions arabes du catalogue d'étoiles: Claudius Ptolemäus, *Der Sternkatalog des Almagest, Die Arabisch - mittelalterliche Tradition, I, Die Arabischen Übersetzungen*, édition et traduction de Paul Kunitzsch (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1986),

نشر وترجمة الجدول إلى الألمانية تمّ من قبل بول كونيتش (Paul Kunitzsch).

عددٍ من الحالات، إلى النص الأصلي اليوناني من أجل فهم صحيح لبعض الاستدلالات، مع أنها مشروحة بالعربية. هذه العيوب، في ترجمة نص أساسي كهذا، أدت إلى إنجاز نسخة حنين ـ ثابت في أواخر نفس القرن، بعد خمسين سنة من العمل في علم الفلك حسب النهج الهلينستي. إن قراءة هذه الترجمة الأخيرة لكتاب **المجسطي** لا تتطلب الرجوع إلى النص اليوناني، لأن اللغة والمصطلحات العربية فيها واضحة تماماً وتسمح بالتعبير عن كل شيء دون التباس. وهكذا تكون لدينا نقطتان دقيقتان للاستدلال على أن لغةً علميةً عربيةً تكونت في علم الفلك خلال القرن التاسع بين سنة ٨٢٧م وسنة ٨٩٢م.

نحن لا نملك معلومات دقيقة عن ترجمة كتب بطلميوس الثلاثة الأخرى بمثل الدقة التي نعرفها عن ترجمة **المجسطي**. لقد ذُكر الكتاب الثاني لبطلميوس بالعربية ابتداء من منتصف القرن التاسع للميلاد على الأقل، تحت اسم **كتاب الاقتصاص أو كتاب المنشورات** (من قِبَل البيروني على الأخص). ونحن نملك ترجمته الوحيدة الكاملة. لكنها لم تُنشر حتى الآن. وهي التي مكنت من حفظ الأرباع الثلاثة الأخيرة من هذا المؤلَّف، التي ضاعت في اللغة الأصلية. لم يصلنا اسم المترجم. ولكن هناك إشارة، في إحدى المخطوطتين الكاملتين اللتين تحويان هذه الترجمة، إلى أن ثابت بن قرة قد صحح النص[١٣].

لقد ذكر ثابت بن قرة كتاب بطلميوس *Phaseis* تحت اسم **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**. ولكن هذا لا يكفي للتأكد من تعريب هذا الكتاب لأن ابن قرة كان يعرف اليونانية. غير أن هذه الترجمة العربية ذكرت من قبل المسعودي (المتوفى حوالى ٣٤٥هـ/ ٩٥٦م)[١٤]، واستُخدمت من قبل سنان بن ثابت (المتوفى سنة ٣٣٢هـ/ ٩٤٣م) في مؤلَّفه **كتاب الأنواء**[١٥]. لم تصلنا الترجمة العربية لهذا الكتاب، التي أُنجزت في بداية القرن العاشر على أبعد تقدير، ولكن لدينا العديد من الإسنادات إلى هذا المؤلَّف عند علماء الفلك العرب.

لقد استخدم الخوارزمي، كما رأينا سابقاً، كتاب بطلميوس **الجداول الميسرة**، وكذلك فعل من بعده قسطا بن لوقا (في منتصف القرن التاسع)[١٦]. ونحن نجد آثاراً لهذا الكتاب عند العديد من المؤلفين اللاحقين، ولكننا لم نعثر على ترجمته العربية ولا نعرف الظروف التي عُرِّب فيها.

(١٣) انظر: Leiden, ms. Or. 180, fol. 1a.

(١٤) انظر: Al-Mas'ūdī, *Kitāb al-tanbīh wa'l - ishrāf,* édidit M. J. de Goeje (Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1894), réimprimé (Beyrouth: Khayat, 1965); traduction française: *Le Livre de l'avertissement et de la révision,* traduit par Carra de Vaux (Paris: Imprimerie nationale, 1896), pp. 15- 16.

(١٥) انظر مقدمة البحث.

(١٦) في كتابه **هيئة الأفلاك** (أوكسفورد، مخطوطة بودلين، Seld ٣١٤٤).

يمكن أن نضيف، في إطار علم فلك بطلميوس، أن شرح ثيون الإسكندري لكتاب **المجسطي** كان موجوداً باللغة العربية في غضون القرن التاسع للميلاد، إذ إننا نجد، في مؤلّف يعقوب بن اسحق الكندي (المتوفى حوالى ٨٧٣م): **كتاب في الصناعة العظمى**، استشهادات حرفية طويلة مأخوذة عنه[١٧]. إلا أن الترجمة العربية لمؤلّف ثيون لم تصلنا.

كما قلنا سابقاً، لقد استطاع علم الفلك أن يتطور، على هذه الأسس خاصة، كعلم دقيق، ابتداء من القرن الثالث الهجري/ التاسع الميلادي في بغداد. ومن بين أوائل المؤلّفات العربية في علم الفلك التي وصلتنا، لم يُنشر ولم يُشرح عملياً بالتفصيل حتى الآن إلا عدد ضئيل، ويجب الرجوع في أغلب الحالات إلى المصادر المخطوطة. لذلك فإن كل محاولة لعرض شامل حول هذا الموضوع لا يمكن أن تكون في الوقت الحاضر إلا عملية مؤقتة تجب إعادة النظر فيها كلما ظهرت نصوص منشورة ومشروحة بشكل جدي.

سوف نأخذ ببساطة بعض الأمثلة من أعمال أو براهين ذات مغزى لنلخص المرحلة الأولى من تطور علم الفلك العربي. وسيكون اهتمامنا، بالتحول التدريجي لنماذج الاستدلالات، أكبر من اهتمامنا بنتائج حساب مختلف وسائط حركات الكواكب، وذلك على الرغم من الأهمية الخاصة لهذه النتائج.

ثانياً: علم الفلك العربي في الشرق خلال القرن التاسع

نستطيع، لكي نعرض بداية تطور هذا العلم، أن نقسّم أعمال مختلف العلماء الذين بدأوا يشتغلون في هذا الميدان حسب المواضيع، من أبسطها إلى أكثرها إعداداً: انتشار علم فلك بطلميوس، ثم التحليل الناقد لنتائجه، وأخيراً الترييض الدقيق للاستدلالات الفلكية؛ وسوف نستعرض، في شبه ملحق لهذه الدراسة، آثار البتاني، عالم الفلك الشهير، الذي عمل في الرقة عند ملتقى القرنين التاسع والعاشر للميلاد.

١ ـ انتشار علم فلك بطلميوس

لقد أُلِّفت عدة كتب، منذ النصف الأول للقرن التاسع للميلاد، لعرض نتائج **المجسطي** بطريقة مبسطة أو لتلخيصها، وذلك لنشر مضمون هذا المؤلّف الأساسي، في أوسع نطاق ممكن، خارج الدائرة الضيقة لعلماء الفلك المتخصصين. وقد ألف أحمد بن محمد بن كثير الفرغاني الكتاب الأكثر شهرة ضمن هذا النوع من الكتابات الفلكية. وكان

---

(١٧) حول نشر النص، انظر: أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **كتاب في الصناعة العظمى**، تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد (قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧)، وحول تحليل النص، انظر:
Franz Rosenthal, «Al-Kindi and Ptolemy,» in: *Studi orientalistici in onore di G. Levi Della Vida* (Rome: [n. pb.], 1956), tome 2, pp. 436 - 456.

الكتاب الأكثر انتشاراً باللغة العربية في أول الأمر (يدل على ذلك العدد الكبير لمخطوطاته التي أُحصيت في كل العصور وفي كل المناطق). ثم انتشر باللغة اللاتينية (إذ أُنجزت له ترجمتان متتاليتان في القرن الثاني عشر للميلاد). وقد نُقل هذا الكتاب بعدة اسماء أكثرها استخداماً هو **كتاب في جوامع علم النجوم**(١٨).

ونحن لا نعرف إلا القليل عن الفرغاني الذي عمل ضمن فريق العلماء الذي جمعه المأمون (٨١٣ ـ ٨٣٣م)، وتوفي بعد سنة ٨٦١م. وقد ألّف كتابه، على الأرجح، بعد سنة ٨٣٣م وقبل سنة ٨٥٧م. والكتاب عبارة عن موجز في علم الكون، وتحتوي النشرة التي أخرجت منه على حوالى مئة صفحة. يعرض فيه الفرغاني في ثلاثين فصلاً كيف يظهر الكون حسب النتائج التي حصل عليها بطلميوس. والكتاب وصف بحت لا يتضمن أي برهان رياضي، نجد فيه على التوالي وصفاً لمختلف حسابات الأشهر والسنين وفقاً للتقاويم العربية والسريانية والبيزنطية والفارسية والمصرية، وتبريراً لكروية السماوات والأرض وأن الأرض ثابتة في مركز الكون في حين أن للسماء حركتين دائريتين. كما نجد فيه إثباتاً لوضع فلك البروج المائل بالنسبة إلى خط الاستواء، ووصفاً للقسم المسكون من الأرض مع الأقاليم السبعة ومختلف المناطق والمدن. كما نلقى فيه وصفاً لأبعاد الأرض، ولحركة «الكواكب المتحيِّرة» السبعة في الطول والعرض المبينة بهيئات الأفلاك الخارجة المراكز وأفلاك التداوير. كما نجد فيه وصفاً لحركة مبادرة الاعتدالين للكواكب الثابتة ولأبعاد الكواكب ومسافاتها إلى الأرض، وللبزوغات والأفولات الشروقية والغروبية، ولأوجه القمر واختلاف منظره ولخسوفات القمر والشمس.

وهكذا تعرَّض هذا الكتاب إلى المسائل الرئيسة في علم الفلك القديم، وهذا ما يفسر وجود عدة شروحات له من قبل علماء رفيعي المستوى، ومنهم البيروني خاصة(١٩). يكاد يكون بطلميوس مصدر الفرغاني الوحيد، ولكنه صحَّح لبطلميوس عدة نقاط تبعاً للنتائج التي حصل عليها علماء فلك المأمون. وقد تجلى ذلك في تصحيح ميل فلك البروج من 51 ;23 إلى 33 ;23، وفي التأكيد أن أوجَي الشمس والقمر يتبعان حركة مبادرة الاعتدالين للنجوم الثابتة، وفي استخدام قياس دائرة الأرض الذي تم في عهد المأمون. بالإضافة إلى ذلك، أكد الفرغاني أن بطلميوس لم يحسب سوى أبعاد الشمس وأبعاد القمر

---

(١٨) ضاع هذا الشرح الذي يحوي ٢٠٠ صفحة.

(١٩) انظر: الفرغاني، **كتاب في الحركات السماوية وجوامع علم النجوم**، نشر النص العربي Golius ([امستردام: د. ن.، ١٦٦٩])؛ النص اللاتيني: Al-Farghānī: *Al Farghani Differentie scientie astrorum*, edited by Francis J. Carmody (Berkeley, Calif.: [n. pb.], 1943), et celle de Gérard de Crémone: *Alfragano (al-Fargānī) Il 'Libro dell'aggregazione dell stelle'*, publicato con introduzione e note da Romeo Campani, Collezione di Opuscoli Danteschi inediti o rari; 87 - 90 (Città di Castello: S. Lapi, 1910).

والمسافة بينهما، وهذا ما يدل على أنه كان مطلعاً على **المجسطي** فقط وليس على كتاب **الاقتصاص**. ثم أعطى قيماً عددية مطابقة لتلك الموجودة في الكتاب الأخير، دون أن يذكر مصدرها.

وقد وصلتنا كتب أخرى أُلِّفت بطريقة مماثلة، نذكر منها خاصة كتاباً ما زال غير منشور لقسطا بن لوقا، وكتابين بمستوى علمي أرفع لثابت بن قرة، وهي تتمحور خاصة حول حركات الكواكب وتعيد الأخذ باستدلالات القسم الأول من كتاب **الاقتصاص**(٢٠).

لقد أشاعت هذه النصوص علم الفلك وجمعت نتائجه بشكل مبسط، فأدت إلى «تعميم جيد المستوى» أُنجز من قبل محترفين في علم الفلك وانتشر بين الأوساط المثقفة في ذلك العصر. وقد اتُّبع هذا النهج في كل موجزات **المجسطي** التي كتبها مؤلفو الموسوعات كابن سينا الذي أدخل موجزه لكتاب **المجسطي** في كتابه الفلسفي الكبير **الشفاء**.

٢ ـ التحليل النقدي لنتائج بطلميوس

ما إن تُرجم **المجسطي** إلى اللغة العربية في عهد المأمون حتى بدأ العمل للتحقق من النتائج التي وردت فيه. ولأجل ذلك وُضع أول برنامج للأرصاد الفلكية في بغداد ودمشق، كما أشرنا في المقدمة. وقد انقضت سبعمئة سنة تقريباً بين زمن بطلميوس وزمن علماء فلك المأمون الذين وجدوا في **المجسطي** بياناتٍ للحسابات وجداول تسمح نظرياً بحساب مواضع الكواكب في وقت معين. وقد تمت المقارنة بين هذه الحسابات التي أُجريت قبل سبعمئة سنة وبين معطيات الأرصاد المسجلة في بغداد ودمشق، فظهر تباين بين مجموعتَي الأرقام التي حُصل عليها.

وقد حمل هذا التباين الحتمي، بسبب تلك الفترة الطويلة من الزمن، علماء بغداد ليس إلى «إعادة عقارب الساعة إلى مواضعها» فحسب، أي إلى تصحيح كل سطر من سطور الجداول واستخدامها من جديد كما هي، بل إلى القيام بمراجعة نظرية لنتائج بطلميوس لإعادة النظر في طرق العمل نفسها التي اقترحها وإعادة حساب وسائط مختلف الحركات. لنأخذ ثلاثة أمثلة شاهدة على هذا العمل ابتداءً من القرن التاسع: **الزيج الممتحَن**، وكتاب **في سَنة الشمس**، وأعمال حبش الحاسب.

---

(٢٠) انظر: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie*, texte établi et traduit par Régis Morelon (Paris: Les Belles lettres, 1987), traités 1 et 2,

نص قسطا بن لوقا مذكور في الحاشية رقم (١٦).

أ ـ الزيج المتحَن

تطلق عبارة «الزيج المتحن» بمعناها العام على مجموعة من الجداول موضوعة استناداً إلى أرصاد مضمونةٍ علمياً إلى أبعد حد ممكن. ولكن عندما ترد هذه العبارة دون أي تحديد، يُقصد بها المجموعة الأولى باللغة العربية من الجداول الفلكية المستندة إلى أرصاد منجزة في مرصدَي بغداد ودمشق. وكان المأمون قد كلف يحيى بن أبي منصور (ت ٢١٧هـ/ ٨٣٢م) بتنسيق هذا العمل الشامل. وكان لهذه الجداول تأثير كبير لأنها حوت أول سلسلة من الأرصاد العلمية الدقيقة المسجلة منذ عهد بطلميوس حسب نفس النهج الفلكي الهلينستي. وقد استشهد بها بشكل واسع الفلكيون اللاحقون الناطقون باللغة العربية، نذكر منهم على سبيل المثال ابن يونس والبيروني.

لم يصل إلينا النص الأصلي الكامل لِـ «الزيج المتحَن»[٢١]، إلا أن النتائج التي سُجلت فيه والتي استُشهد بها بشكل جزئي من قِبَل مؤلفين لاحقين تدل على أن الوسائط المختلفة لحركات الكواكب قد حُسبت فيها من جديد[٢٢]. ولكن أهم نتيجة لأرصاد هذه الجداول تخص حركة الشمس: إذ إنها تدل على أن أوج فلك الشمس مرتبط بحركة مبادرة الاعتدالين للنجوم الثابتة، بعكس ما أكده بطلميوس الذي كان يعتبر أن هذا الأوج لا يخضع لأية حركة أخرى غير الحركة اليومية[٢٣].

ونحن لا نستطيع حالياً أن نُثبت، بشكل واضح، وجود صلة بين هذه النتيجة لـ «الزيج المتحَن» وبين **كتاب في سَنة الشمس**، مع أننا نجد في هذا الكتاب الأخير البرهان على العلاقة بين حركة الشمس وحركة النجوم الثابتة.

---

(٢١) النص العربي Escurial (٩٢٧) يحمل بوضوح العنوان «الزيج المتحن حسب أرصاد المأمون»، ولكنه يحوي كثيراً من العناصر المتأخرة عن القرن التاسع. انظر تحليل هذا النص في:

Juan Vernet, «Las Tabulæ Probatæ,» in: *Homenaje a Millás - Vallicrosa,* 2 vols. (Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1954 - 1956), vol. 2, pp. 501 - 522, and Edward S. Kennedy, «A Survey of Islamic Astronomical Tables,» *Transactions of the American Philosophical Society* (N.S.), vol. 46 (1956), pp. 145 - 147.

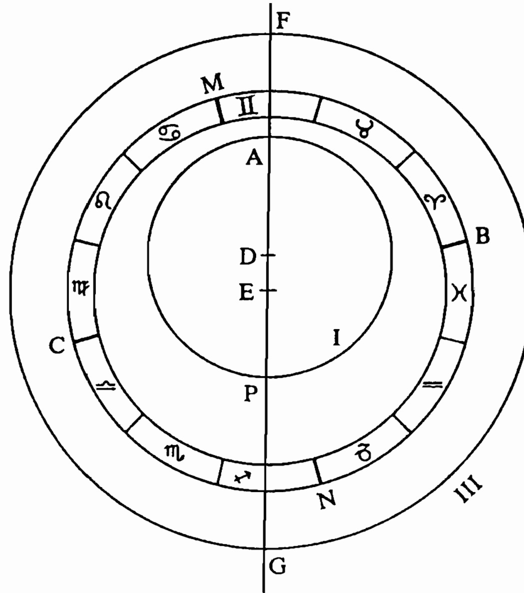
(٢٢) هي مجمعة على شكل جدول في: 'Ali Ibn Sulaymān al-Hāshimī, *The Book of the Reasons behind Astronomical Tables = Kitāb fi 'ilal al-zījāt,* reproduction of the unique arabic text contained in the Bodleian ms. arch. Seld A. 11, with a translation by Fuad I. Haddad and E. S. Kennedy and a commentary by David Pingree and E. S. Kennedy, Studies in Islamic Philosophy and Science (Delmar, N. Y.: Scholar's Facsimiles and Reprints, 1981), pp. 225 - 226.

(٢٣) ذكر في: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie,* traité 2, p. 22, lignes 4 - 5, and الفرغاني، **كتاب في الحركات السماوية وجوامع علم النجوم،** ص ٥٠ ـ ٥٣.

ب ـ كتاب في سَنة الشمس (٢٤)

تنسب المخطوطات هذا الكتاب إلى ثابت بن قرة، ولكن التحليل النقدي الدقيق للنص يبين أنه سابق لهذا المؤلِّف، وأنه قد كُتب على الأرجح في إطار فريق العمل الذي تكون حول بني موسى قبل انضمام ثابت بن قرة إلى هذا الفريق، أي قبل منتصف القرن التاسع.

ينتقد مؤلف هذا الكتاب دراسة بطلميوس لحركة الشمس وحساب السنة. لنذكر بسرعة مضمون **المجسطي** بهذا الصدد.



الشكل رقم (٢ ـ ١)

لتكن E النقطة التي يوجد فيها الراصد على الأرض الثابتة في مركز الكون. تتحرك الشمس بحركة دائرية مستوية على دائرة خارجة المركز بالنسبة الى الأرض وهي الدائرة (I) ذات المركز D. توجد على هذه الدائرة نقطتان مهمتان هما الأوج A والحضيض P. والنقطة E هي كذلك مركز فلك البروج الذي هو الدائرة (II) أي مسار الشمس الظاهري في السماء على مدى السنة. والنقط المرجعية على فلك البروج هي نقطتا الاعتدال B و C

(٢٤) النص العربي لهذا المؤلف منشور في: Thābit Ibn Qurra, Ibid., pp. 26 - 27, انظر مقدمته، من ص ilvi الى صفحة lxxv، وملحقاته ص ١٨٩ ـ ٢١٥ حيث فصلت الحجج الملخصة هنا.

ونقطتا الانقلاب M وN. يقطع المستوي المشترك لهاتين الدائرتين كرة الكواكب الثابتة وفق الدائرة (III) المرتكزة في النقطة E أيضاً.

تُتم الشمس في سنة واحدة دورة كاملة على فلكها الخارج المركز (I)، بحركة مستوية دورية. إن مدة هذه الدورة ثابتة مهما كانت نقطة الانطلاق، ومساوية لقيمة «السنة الاختلافية»، أي للوقت اللازم لعودة الشمس إلى نفس النقطة من فلكها. هذه القيمة هي الوحيدة التي يمكن اعتبارها كثابتة مرجعية، غير أنها غير قابلة للقياس مباشرة ابتداء من النقطة E، لأن الفلك الخارج المركز لا يحوي أي عنصر مرجعي كافي الدقة. ويجب على الراصد أن يحدد بشكل واضح موقع الدائرة (I) بالنسبة إلى الدائرة (II) وإلى الدائرة (III).

عندما نرصد من النقطة E حركة الشمس على الفلك (II) ونقيس فترة الزمن التي تفصل بين مرورين متتاليين للشمس في نفس النقطة، نقطة الاعتدال الربيعي مثلاً، نحصل على قيمة «السنة المدارية».

أما إذا راقبنا من النقطة E حركة الشمس على الدائرة (III) وقسنا فترة الزمن التي تنقضي بين قِرانين متتاليين للشمس مع نفس النجمة، نحصل على قيمة «السنة النجمية».

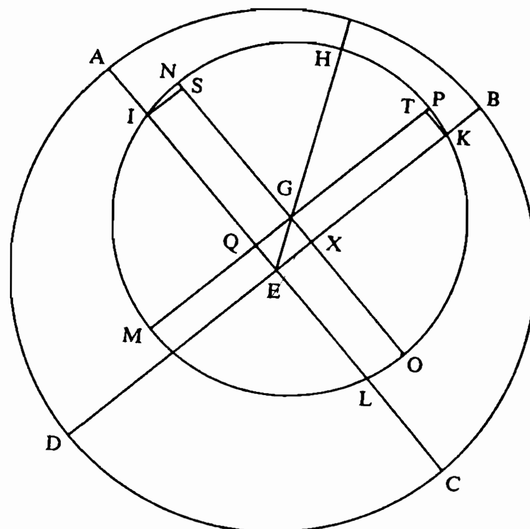
ولو كانت الدوائر الثلاث (I) و(II) و(III) ثابتة بالنسبة إلى بعضها لأصبحت القيم الثلاث للسنة الشمسية المعرفة سابقاً متساوية تماماً. وهي في الواقع ليست كذلك. لذلك كانت المسألة بالنسبة إلى علماء الفلك القدامى هي كيفية تحديد الثابتة المطلقة الوحيدة، أي قيمة «السنة الاختلافية» على الفلك (I)، وذلك انطلاقاً من رصد الحركة غير المستوية للشمس على الفلكين (II) و(III).

إن المقالة الثالثة في **المجسطي** مخصصة لدراسة حركة الشمس. وقد تحقق فيها بطلميوس أولاً، تابعاً بذلك أبرخس، أن «السنة النجمية» أطول بقليل من «السنة المدارية»، ولكنه ركز جهده على هذه الأخيرة ليبين أنها الثابتة المطلقة المطلوبة. ثم طابق قيمة «السنة المدارية» مع قيمة السنة الاختلافية، وذلك بجعل الفلك (I) ثابتاً بالنسبة الى الفلك (II)، وجعل الفلك (III) يتحرك بالنسبة اليهما بحركة مبادرة الاعتدالين التي قدرها بطلميوس بدرجة واحدة في القرن الواحد.

يستند بطلميوس على الشكل التالي لحساب وسائط فلك الشمس الخارج المركز:

يوجد الراصد في النقطة E مركز الدائرة ABCD التي هي فلك البروج. والدائرة MNOP ذات المركز G هي الفلك الخارج المركز الذي تتحرك عليه الشمس. A وC هما نقطتا الاعتدالين، وB هي نقطة الانقلاب الصيفي. أما الخطان المستقيمان MQGP وNGXO فهما متوازيان ترتيباً لـ DEB وAEC، والخط المستقيم EGH يقطع الفلك الخارج المركز في نقطة H التي هي أوجه. إن قياس لحظات مرور الشمس في النقط A، B وC يسمح بعد حساب بسيط مستند على الحركة الوسطى للشمس، بالحصول على قيم أقواس

الفلك الخارج المركز: IL، IK، KL، IN، PK، LO، وهذا ما يسمح بحساب كل الوسائط. وهكذا وجد بطلميوس، بعد قسم شعاع الفلك الخارج المركز إلى 60 جزءاً متساوياً، أن قيمة خروج المركز EG تساوي 2;30 جزءاً وأن الأوج يقع على بعد 5;30° من الجوزاء ويبقى ثابتاً على فلك البروج. ووجد كذلك أن طول «السنة المدارية» (أي الفترة اللازمة لرجوع الشمس إلى نفس النقطة على فلك البروج) ثابت ومساوٍ لـ 365;14,48 يوماً.



الشكل رقم (٢ ـ ٢)

لقد تحقق مؤلف كتاب في سنة الشمس على أثر الارصاد التي أُنجزت في بغداد بين سنة ٨٣٠م وسنة ٨٣٢م ، أي حوالى ٧٠٠ سنة بعد المجسطي و٩٥٠ سنة بعد إبرخس، أن أوج الشمس يقع على بعد 20;45° من الجوزاء، وأن هذا التحرك بمقدار 15;15° منذ زمن أرصاد إبرخس مماثل للتحرك الناتج عن حركة مبادرة الاعتدالين للنجوم الثابتة الذي بلغ 13;10° من قلب الأسد، إذا ما اعتبرنا أخطاء الأرصاد التي كان الكاتب مدركاً لها تماماً. وهذا ما أدى به إلى الربط بين الدائرتين (I) و(III) في الشكل رقم (٢ ـ ١) وإلى الاستنتاج بأن أوج الفلك الخارج المركز خاضع لحركة مبادرة الاعتدالين. وهكذا فإن السنة الاختلافية لا تطابق السنة المدارية بل السنة النجمية التي هي الثابتة المطلقة الوحيدة. ولكن هذه السنة النجمية ليست إلا مرجعاً نظرياً، ويجب أن يستنتج منها قيمة السنة المدارية التي هي المرجع العملي الوحيد الذي يسمح بتحديد الوقت الأرضي على مدى السنة.

وبما أن الفلك الخارج المركز يتحرك بالنسبة إلى فلك البروج، لا يمكن قياس طول السنة المدارية مباشرة بقياس فترة الزمن الفاصلة بين مرورين متتاليين للشمس في نفس

النقطة على فلك البروج. ولا يتم الحصول على طول هذه السنة المدارية إلا نتيجة لحساب يُنجز استناداً إلى قيمة السنة النجمية وإلى قيمة ثابتة مبادرة الاعتدالين. في الواقع، إذا نظرنا إلى الحركة الوسطى للشمس على الفلك الخارج المركز ابتداءً من الأوج، نجد أن هذا الأخير يتحرك قليلاً بسبب حركة مبادرة الاعتدالين. لكل من هاتين الحركتين قيمة ثابتة. ويجب الجمع بينهما إذا أردنا نسبة الحركة الوسطى إلى فلك البروج.

وهكذا يرفض مؤلف **كتاب في سنة الشمس** بشكل قاطع نتائج بطلميوس وحساباته ويشك بجودة أرصاده: إنه يقارن أرصاد بطلميوس بأرصاده وبأرصاد إبرخس، ويستنتج من ذلك ضرورة رفض نتائج أرصاد بطلميوس. ويختم كما يلي انتقاده العنيف: «ولكن بطلميوس، مع ما أوهم في أخذه زمان سنة الشمس من نقط فلك البروج، أوهم في الأرصاد أنفسها، ولم يأخذها على حقيقة، وكان هذا من وهمه أعظم ضرراً فيما رسم من الحساب»[٢٥].

ويعتبر هذا المؤلف، على الرغم من انتقاداته، أن بطلميوس لا يزال ذلك العالم الذي توصل إلى إعداد أحسن طريقة هندسية تسمح بحساب وسائط فلك الشمس. لذلك يأخذ المقالة الثالثة من **المجسطي**، ويستشهد بها مطولاً متبنياً طريقته الهندسية، ويعيد تأليف هذا الكتاب مغيراً تصميمه آخذاً بكل محتواه، مستنداً على أرصاد إبرخس وأرصاده الخاصة فقط. وهو يعتمد في حسابه لوسائط فلك الشمس على الشكل السابق رقم (٢ ـ ٢)، الذي هو شكل بطلميوس، ولكنه يغير اتجاه الأرصاد: فبالنسبة إليه النقطتان A وC ليستا نقطتي الاعتدالين، والنقطة B ليست إحدى نقطتي الانقلاب. ويبرر ذلك بقوله: «ولعسر أرصاد الانقلابات لا نُدخل في قياساتنا الثلاثة شيئاً من أرصاد الانقلابات. وأما بطلميوس، فإنه أدخل في القياسات الثلاثة، التي عرف بها اختلاف الشمس، قياس المنقلب الصيفي، ولسنا نرى ذلك، بل نظن أنه من قلة التوقّي في الزلل والخطأ»[٢٦].

في الواقع، إن تغيّر الميل الزاوي للشمس ضعيف جداً عندما تكون الشمس على وشك المرور في إحدى نقطتي الانقلاب، لذلك كان من الصعب تحديد لحظة مرور الشمس في هذه النقطة بشكل مضبوط. وهكذا عمد مؤلف الكتاب إلى إزاحة الأرصاد الثلاثة بمقدار 45°، فقاس مرور الشمس على فلك البروج في منتصف برج الدلو وفي منتصف برج الثور وفي منتصف برج الأسد. ثم تبع طريقة **المجسطي** في الحساب بعد «تحديثها»، أي أنه استخدم جيوب الأقواس بدلاً عن أوتارها[٢٧]، فحصل على النتائج التالية[٢٨]:

---

(٢٥) انظر: المصدر نفسه، الكتاب ٣، ص ٦١.

(٢٦) انظر: المصدر نفسه، الكتاب ٣، ص ٤٩.

(٢٧) انظر الفصل الخامس عشر من الجزء الثاني من هذه الموسوعة وهو بعنوان: «علم المثلثات: من الهندسة إلى علم المثلثات».

(٢٨) النتائج المعطاة بين قوسين حُسبت من جديد في زمنها (سنة ٨٣٠).

موقع أوج الشمس: على بعد 20;54° من برج الجوزاء (22;53°).

ثابتة مبادرة الاعتدالين: 0;0,49,49,39° في السنة (0;0,50,1).

السنة النجمية: 365;15,23,34,33 يوماً (365;15,22,53,59).

السنة المدارية: 365;14,33,12 يوماً (365;14,32,9,20).

خروج مركز الفلك الشمسي: 2;6,40.

إن النتائج السابقة جيدة الدقة، إذا اعتبرنا إمكانيات الرصد في ذلك الوقت. إضافة إلى ذلك، يلعب **كتاب في سنة الشمس** دوراً بالغ الأهمية في فهم كيفية حصول التطور الأول لعلم الفلك العربي، انطلاقاً من إرث بطلميوس. لقد حُرّر هذا الكتاب منذ النصف الأول للقرن التاسع للميلاد، أي بعد فترة بسيطة من ترجمة **المجسطي** من قبل الحجاج. وهو يستشهد بكتاب **المجسطي**، بشكل واسع، على طول ما يزيد على ثلث نصه. إنه يُظهر كيف دِرس بعض علماء الفلك العرب من الجيل الأول هذا النص الأساسي الذي هو **المجسطي**، ويبين عدداً من التجديدات العلمية التي اعتُبرت مكتسبة استناداً إلى هذا العمل.

وإذا حاولنا تلخيص ما ورد سابقاً، نرى أن المؤلف قد اكتشف من ناحية، أن بطلميوس قد ارتكب أخطاء حسابية، وخاصة في ثابتة مبادرة الاعتدالين، ومن ناحية أخرى أن أرصاد بطلميوس أقل صدقية من أرصاد إبرخس، ولذلك طرح جانباً أرصاد بطلميوس ونتائجها. وبعد أن تحقق من تحرّك أوج الشمس ومن علاقته بحركة مبادرة الاعتدالين، أعدّ طريقة تسمح له بتحديد الوقت اللازم لعودة الشمس إلى القران مع نفس النجمة، وذلك لحساب السنة النجمية. لقد احتفظ باستدلالات بطلميوس الهندسية وبكل المواد المعالجة في المقالة الثالثة من **المجسطي** بعد تعديل بسيط لتصميم الكتاب، وذلك بتغيير محل فصلين منه، ثم أعاد تركيب كل هذه العناصر. نظراً الى النتيجة، يظهر أن تأليف **كتاب في سنة الشمس** لم يكن عملاً معزولاً، بل كان جزءاً من مشروع واسع هدف إلى إعادة كتابة **المجسطي**، مع الإبقاء على بنيته واستدلالاته النظرية، ومع حذف أرصاد وحسابات بطلميوس. وقد احتفظ المؤلف بأرصاد إبرخس ليقارنها بنتائج الأرصاد الجديدة التي أنجزت في بغداد أو دمشق، وابتكر طرقاً جديدة للحساب انطلاقاً من الأسس النظرية التي اقترحها بطلميوس[٢٩]. لا يُعرف إلى أي حد تمت فيه متابعة مشروع هذا **المجسطي الجديد**، ولكن محتوى الكتاب الذي تحدثنا عنه وبنيته يظهران بوضوح أن هذا العمل الكبير قد وُضع موضع التنفيذ في بغداد في النصف الأول من القرن التاسع للميلاد، ضمن إطار المدرسة التي تكونت حول بني موسى.

ونستطيع كذلك أن نُحصي، في **كتاب في سنة الشمس**، عدداً من التجديدات التي

(٢٩) انظر تفصيل هذا الاستدلال في: Thābit Ibn Qurra, Ibid., pp. lx - lxiii.

أخذ بها الفلكيون اللاحقون. قبل كل شيء، لقد أصبح مقرراً، بعد تحرير هذا الكتاب، أن أوج فلك الشمس يتحرك بالنسبة الى فلك البروج، وأنه يجب إقامة علاقة بين السنة النجمية، وثابتة مبادرة الاعتدالين والسنة المدارية (ولكن يجب انتظار عالِم الفلك الأندلسي الزرقالي، في آخر القرن الحادي عشر للميلاد حتى تُحسب حركة أوج الشمس الخاصة الإضافية التي تبلغ 19 دقيقة في القرن). بعد ذلك، إن مؤلف الكتاب، بعكس ما فعله بطلميوس، يربط حركة أوج فلك الشمس وحركة أوج فلك القمر إلى حركة مبادرة الاعتدالين لكرة النجوم الثابتة على غرار حركة أوج فلك أي كوكب آخر. وهكذا، فإن كرة النجوم الثابتة تسبب، بحركتها، حركة كل الكرات السماوية. وبذلك لم يعد للشمس ولا للقمر وضع خاص في الكون، ويصبح فلك البروج مجرد دائرة نظرية يجب إبعادها إلى ما وراء كرة النجوم الثابتة، أما وضعها فهو قابل للتعيين بواسطة مرور الزمن الأرضي وتواتر الفصول. وأخيراً، فإن إزاحة اتجاهات أرصاد الشمس الثلاثة بمقدار 45°، التي أُجريت لتجنب الأخطاء في قياس نقطتي الانقلاب، قد اعتُمدت من قِبَل علماء الفلك اللاحقين في حسابهم لوسائط حركة الشمس[٣٠].

ج ـ أعمال حَبَش الحاسب

لا نعرف إلا القليل عن حياة حبش الذي كان أحد علماء فلك المأمون. لقد كان حياً في سنة ٢٥٤هـ/ ٨٥٩م، إذ إن حساباً قد نسب إليه في تلك السنة، ولا نعرف وقت وفاته. وقد نُشر له مؤلف واحد غير كامل، وهو كتاب صغير في أبعاد ومسافات الكواكب، محفوظ جزئياً في مخطوطة وحيدة[٣١]. وقد حُفظ له مؤلف كبير هو **الزيج الدمشقي**، في نسختين مختلفتين إحداهما في إسطنبول والثانية في برلين. من الواضح أن مخطوطة برلين قد غُيرت من قبل أيدٍ لاحقة. أما مخطوطة إسطنبول، فيبدو أن نصها قريب بما فيه الكفاية من نص حبش الأصلي. وهي لم تُنشر بعد[٣٢].

يندرج هذا المؤلف ضمن تقليد بطلميوس، ولكن ليس المقصود من تأليفه إعادة كتابة

---

(٣٠) انظر التعليق حول هذه النقطة، في: Otto Neugebauer, «Thābit ben Qurra *«On the Solar Year»* and *«On the Motion of the Eighth Sphere»,» Proceedings of the American Philosophical Society,* vol. 106, no. 3 (June 1962), pp. 274 - 275.

(٣١) انظر: Y. Tzvi Langermann, «The Book of Bodies and Distances oh Ḥabash al-Ḥāsib,» *Centaurus,* vol. 28 (1985), pp. 108 - `128.

(٣٢) لقد حللت ديبارنو محتوى هذه المخطوطة بالتفصيل. انظر: Marie - Thérèse Debarnot, «The Zīj of Ḥabash al-Ḥāsib: A Survey of MS Istanbul Yeni Cami 784/2,» in: David A. King and George Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy,* Annals of the New York Academy of Sciences; v. 500 (New York: New York Academy of Sciences, 1987), pp. 35 - 69.

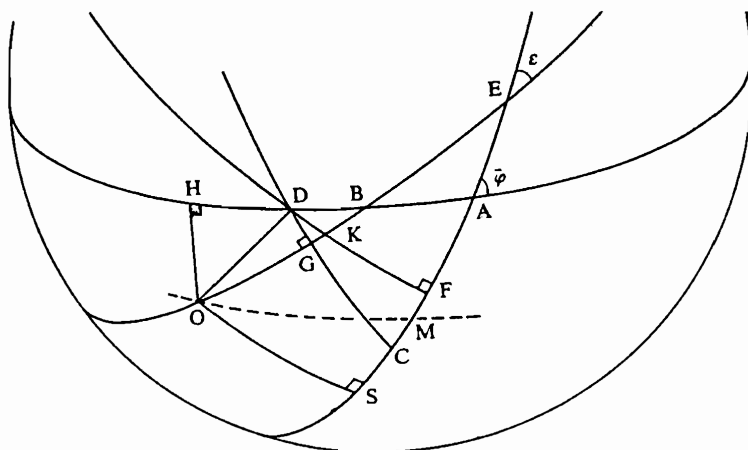
المجسطي، كما كان المقصود جزئياً من تأليف **كتاب في سنة الشمس**. لقد أخذ حبش من **المجسطي** ببساطة كل ما كان يبدو له قابلاً للتغيير تبعاً لدراساته الخاصة ولنتائج أولى الأعمال الفلكية النظرية المنجزة في بغداد ودمشق. وهكذا تجب دراسة هذا الكتاب بشكل موازٍ لدراسة **المجسطي**، لأنه لا يهدف إلى أن يكون بديلاً عن الكتاب الأخير. إن قسماً مهماً من **الزيج الدمشقي** يبحث في حساب المثلثات: إذ يعمد حبش الحاسب فيه إلى «تحديث» استدلالات **المجسطي** بإدخال الجيوب وجيوب التمام والظلال مكان أوتار الأقواس، ويقترح صيغاً كاملة للتطبيق في الحسابات الفلكية المختلفة وسنرى كل هذا بالتفصيل فيما بعد في الفصل الخامس عشر: علم المثلثات. سنستعرض الآن بعض نقاط علم الفلك البحت الواردة في الكتاب.

يبحث القسم الأول في علم التواريخ وفي الانتقال بين التقاويم المختلفة ـ من هذه التقاويم الفارسي والمصري واليوناني والهجري، . . . الخ. ـ وذلك لحساب التواريخ الموافقة في التقاويم المختلفة لتاريخ معين مع إعداد جداول التوافق بينها. بالإضافة إلى ذلك، عمد حبش الحاسب إلى كتابة جداول حركات النجوم استناداً إلى السنة القمرية التي أعاد حسابها بعناية كبيرة، إذ إنها السنة الرسمية في مجتمعه. ولكن علماء الفلك العرب لم يسلكوا هذا النهج لأن السنة القمرية، في مجال الحسابات والاستدلالات الفلكية، أقل ملاءمة بكثير من السنة الشمسية ذات الأشهر المتساوية بطول يبلغ ثلاثين يوماً والمستخدمة في عالم بطلميوس الهلينستي وفي بلاد الفرس.

يقارن حبش الحاسب، على امتداد كتابه، الوسائط التي حسبها بطلميوس لحركات مختلف الكواكب، مع حساباته الخاصة، ويعدل تبعاً لذلك، بطريقة منهجية، تركيب كل جدول من جداوله، دون أن يتطرق ثانية إلى المظهر النظري للهيئات الهندسية. ولكن أهم تجديد نظري لحبش الحاسب يكمن في دراسته إمكانية رؤية هلال القمر. لم تعالَج مسألة إمكانية رؤية هلال القمر في علم الفلك اليوناني، ولكن بعض طرق الحساب قد أُعدت من أجل هذا الغرض في علم الفلك الهندي. وقبل أن نعرض الحل الذي اعتمده حبش الحاسب، سنذكر حلّين سابقين له تبعاً لمختلف العناصر المرجعية على الكرة السماوية.

إن لكل من الشمس والقمر، في وضع الأرض الثابتة في مركز الكون، «حركة خاصة» يومية في الاتجاه المعاكس لاتجاه الحركة النهارية، ومقدار حركة الشمس ينقص قليلاً عن درجة واحدة، أما حركة القمر فتُقدّر بثلاث عشرة درجة من جهتي فلك البروج (قوس العرض الأقصى للقمر يساوي خمس درجات). وهكذا «يلحق» القمر بالشمس كل شهر ويتجاوزها، فيصبح الهلال مرئياً من جديد على الأفق الغربي تماماً بعد غروب الشمس، وتكون بذلك بداية شهر قمري جديد. الشكل رقم (٢ ـ ٣) يكون فيه القمر في نقطة الأفول D، بحيث يكون DG قوس عرض القمر. والشمس هي تحت الأفق في النقطة O أما HDA فهو أفق مكان الرصد وE هي أقرب نقطة اعتدال (وهي هنا نقطة

الاعتدال الخريفي). OGE هو فلك البروج وMAE هو خط الاستواء السماوي، OM هو موضع الأفق عند غروب الشمس، وOH تمثل مسافة الشمس إلى الأفق عند أفول القمر، وOG هي المسافة الطولية بين الشمس والقمر، أما الزاوية ذات الرأس A بين الأفق وخط الاستواء فهي مساوية لتمام عرض المكان.



الشكل رقم (٢ ـ ٣)

لقد اقتبس يعقوب بن طارق والخوارزمي، المؤلفان اللذان ذكرناهما سابقاً، حلاً هندياً يستند على الفترة الزمنية التي تفصل بين غروب الشمس وغروب القمر، أي على القوس AM في الشكل السابق[٣٣]. وهما يؤكدان أن الهلال يكون مرئياً في اليوم المعين إذا بيَّن الحساب أن هذا القوس مساوٍ على الأقل لـ 12°، أي ما يعادل ثمانياً وأربعين دقيقة بين غروب الشمس وأفول القمر.

لقد تبع حبش الحاسب التقليد الذي ابتكره بطلميوس لدراسة قابلية رؤية النجوم الثابتة والكواكب على الأفق[٣٤]. لم يتعرض بطلميوس أبداً لمسألة قابلية رؤية هلال القمر، بل ركّز

(٣٣) انظر: Edward Stewart Kennedy: «The Lunar Visibility Theory of Ya‘qūb Ibn Ṭāriq,» *Journal of Near Eastern Studies*, vol. 27 (1968), pp. 126 - 132, and Mardiros Janjanian, «The Crescent Visibility Table in al-Khwārizmī's Zīj,» *Centaurus*, vol. 11, no. 2 (1965), pp. 73 - 78.
وقد أعيد نشر هذين المقالين في: Edward Stewart Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut: American University of Beirut, ©1983), pp. 151 - 163.

دراسته على قابلية رؤية الكواكب الأخرى وعلى بزوغها وأفولها وعلى ضيائية الجو على الأفق، أي على «قوس انحطاط الشمس تحت الأفق» قبل شروقها أو بعد غروبها، وهو القوس OH في الشكل السابق. وقد حدد بطلميوس القيمة التي يجب أن يأخذها هذا القوس لكي يصبح كوكب معين مرئياً على الأفق. وقد سُميت هذه القيمة فيما بعد، في المصادر اللاتينية، «arcus visionis» أي «قوس الرؤية». وقد اقتبس حبش الحاسب هذا المفهوم وطبقه على حالة القمر، فتوصل، بعد أرصاد وحسابات إلى أن «قوس انحطاط الشمس عن الأفق» أو «قوس قابلية رؤية الهلال»، أي OH، يجب أن يكون مساوياً، على الأقل، لعشر درجات ، لكي تُمكن رؤية الهلال القمري بعد غروب الشمس في اليوم التاسع والعشرين من الشهر القمري.

بقي هذا الاستدلال الذي قام به حبش الحاسب مشهوراً. وقد اقتبسه البيروني كما هو بعد قرنين من الزمان، وذكره الكثير من المؤلفين اللاحقين كإحدى الطرق النموذجية لمقاربة مسألة قابلية رؤية الهلال الصعبة.

وهكذا يظهر حبش الحاسب كراصدٍ أعاد قراءة **المجسطي** للتثبت من نتائجه، مواصلاً بذلك العمل الذي بدأ في عهد المأمون في إطار الفريق الذي حرر **الزيج الممتحن**. إلا أن عمله ذهب إلى أبعد مما قام به الذين سبقوه مباشرة، إذ إنه كيّف وطوّر بعض استدلالات بطلميوس بعد أن استوعبها بشكل كامل. ولكنه مع ذلك، لم يغير براهين بطلميوس النظرية في جوهرها. وقد قام بهذه المهمة مؤلف آخر. وهذا هو موضوع الفقرة التالية.

٣ ـ ترييض الاستدلالات في علم الفلك

المؤلف الوحيد الذي سيستوقفنا هنا هو ثابت بن قرة الذي ولد في حران في بلاد ما بين النهرين العليا في سنة ٢٠٩هـ/ ٨٢٤م على الأرجح، وتوفي في سنة ٢٨٨هـ/ ٩٠١م. كانت لغته الأم اللغة السريانية، وكان يُتقن اليونانية إتقاناً تاماً. أما لغة عمله فكانت اللغة العربية. لقد كتب، وهو ضمن فريق بني موسى في بغداد، مؤلَّفات مبتكرة في كل العلوم المعروفة في عصره. وكان مشهوراً على الأخص كرياضي، وألف أكثر من ثلاثين كتاباً في علم الفلك، نُقل منها تسعة فقط باسمه. من هذه المؤلفات كتاب **في سنة الشمس** الذي نسب إليه خطأً، والذي تعرضنا إليه سابقاً. وهكذا يمكن أن نُقوّم عمله في علم الفلك من خلال ثمانية كتب[٣٥]. سوف نستعرض ثلاثة من هذه المؤلفات الثمانية، الأول حول

---

(٣٤) انظر العرض المفصل في: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie*, pp. xxvi - xxx.

(٣٥) حفظت أعماله الفلكية باللغة العربية ونشرت وشرحت. انظر: المصدر نفسه. كل ما يتبع هو ملخص لهذه الدراسة.

الدراسة النظرية لحركة كوكب على فلك خارج المركز، والثاني حول اختيار فترات الزمن لتحديد حركات القمر المختلفة، والثالث حول قابلية رؤية الهلال.

أ ـ الدراسة النظرية لحركة كوكب على فلك خارج المركز(٣٦)

يتكلم بطلميوس، عندما يدرس حركة الشمس على فلكها الخارج المركز عن تغيّر حركتها الظاهرية: «إن أكبر اختلاف بين الحركة المتوسطة والحركة التي تبدو غير مستوية، أي الاختلاف الذي نعرف به مرور الكواكب في مسافاتها المتوسطة، يحدث عندما تكون المسافة الظاهرية من الأوج مساوية لربع دائرة وعندما يقضي الكوكب وقتاً أطول للذهاب من الأوج إلى هذا الوضع المتوسط، مما يلزمه للذهاب من هذا الوضع المتوسط إلى الحضيض»(٣٧).

وهكذا يستنتج بطلميوس أن أبطأ حركة ظاهرية تحدث من جهة الأوج وأن أسرع حركة ظاهرية تحدث من جهة الحضيض، كما أن هناك مكاناً لحركة متوسطة بين الأوج والحضيض يوجد على بعد ربع دائرة من الأوج.

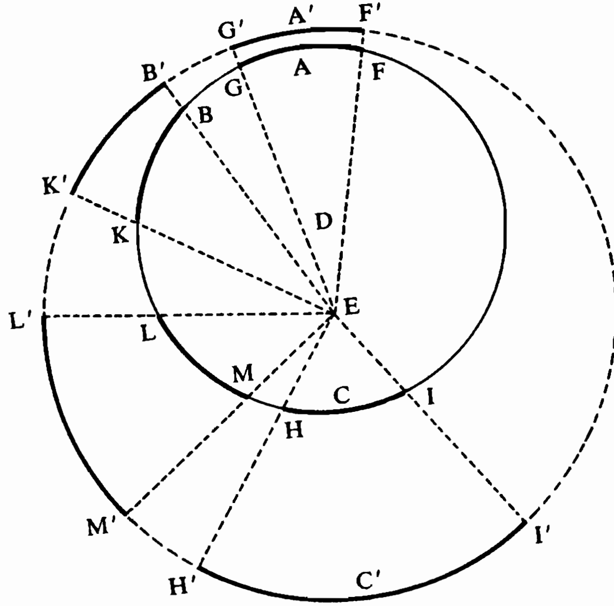
لقد بحث ثابت بن قرة هذه المسألة من جديد وبرهن نتائج بطلميوس. لنأخذ كوكباً ما أو مركزاً لفلك التدوير يسير على الفلك الخارج المركز ABC ذي المركز D، بحركة دائرية مستوية. تراقَب هذه الحركة من النقطة E حيث توجد الأرض على فلك البروج A′B′C′. الحركة الظاهرية هنا هي غير مستوية. يأخذ ثابت بن قرة أقواساً متساوية على الفلك الخارج المركز، يقضي الكوكب في اجتياز كل واحد منها نفس الفترة الزمنية لأن الحركة مستوية. هذه الأقواس هي GF الذي يتضمن الأوج A في وسطه، HI الذي يتضمن الحضيض C في وسطه، BK الذي يقع من جهة A وLM الذي يقع من جهة C (انظر الشكل رقم (٢ ـ ٤)).

يبرهن ثابت بن قرة، استناداً إلى الاستدلالات المستخرجة من **أصول** إقليدس، أن أقواس الحركة الظاهرية المرصودة على فلك البروج تحقق التراجحات $G'F' < B'K' < L'M' < H'I'$، مما يجعله يستنتج بشكل دقيق: «إذا كانت حركة كوكب، أو فلك ما، مستوية على فلكٍ خارج المركز، فإن أبطأ حركته، التي ترى له على فلك البروج، تكون إذا كان عند بعده الأبعد من فلكه الخارج المركز، وأسرعها إذا كان عند البعد الأقرب منه. وما قرب من حركاته الباقية التي ترى له فيه من موضع البعد الأبعد أبطأ مما بعد منها منه».

---

(٣٦) عنوان المؤلّف: «إبطاء الحركة وسرعتها في فلك البروج بحسب المواضع التي تكون فيها من الفلك الخارج المركز». انظر: المصدر نفسه، من ص lxxvi إلى ص lxxix، وص٦٩ ـ ٨٢ وص٢١٦ ـ ٢٢١.

(٣٧) انظر: Ptolemaues, *L'Almageste*, traduction française par N. Halma, tome 1, p. 174 et figure (2 - a) de l'introduction.

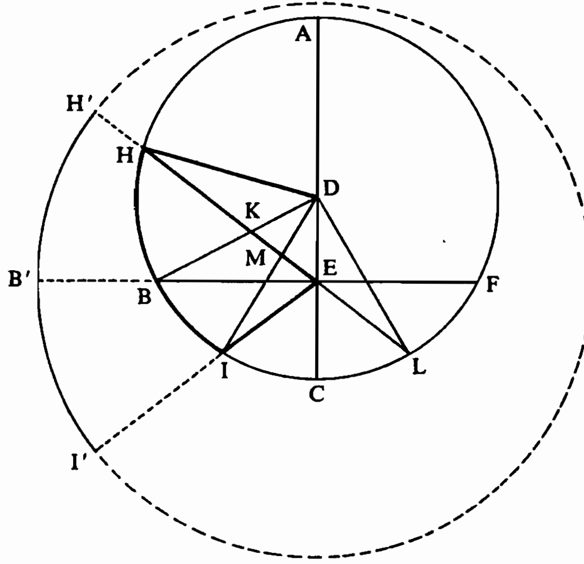


الشكل رقم (٢ ـ ٤)

لنلاحظ هنا أن ثابت بن قرة يتكلم عن سرعة الكوكب في أوجه وفي حضيضه. وهذه، حسب ما نعلم، هي المرة الأولى في التاريخ التي يظهر فيها مفهوم السرعة في نقطة معينة.

هذه هي المبرهنة الأولى في هذا الكتاب. والمبرهنة الثانية ليست أقل أهمية منها. يأخذ ثابت ثانية الفلك الخارج المركز ABC ذات المركز E والأوج A والحضيض C، ويضع النقطتين B وF اللتين تفصلهما عن الأوج، على فلك البروج، مسافة ربع دائرة في الحركة الظاهرية (انظر الشكل رقم (٢ ـ ٥)).

ويبرهن عندئذ، مستخدماً مرة أخرى استدلالات مستخرجة من **أصول** إقليدس، أن قوس الحركة المتوسطة IH، الذي هو مجموع HB وBI، مساوٍ للقوس I' H' الذي هو مجموع قوسَي الحركة الظاهرية H' B' و B' I'، وأن «هناك اقتراب من التساوي بين الحركة المتوسطة وبين الحركة ـ الظاهرية، إذا قربت الحركة من النقطة B، . . .، وهذا ما يحدث أيضاً عندما تقرب الحركة من النقطة F». ويستنتج من ذلك، آخذاً بعين الاعتبار المبرهنة السابقة: «وكلما قربت الحركة من إحدى النقطتين، B أو F، كانت أقرب إلى مساواة الحركة الوسطى، وكل حركتين توجدان عن جنبي إحداهما من فلك البروج وتكونان متساويتين، فإن مجموعهما مساوٍ، على الحقيقة، للحركة الوسطى. وهاتان النقطتان هما اللتان تشبهان نقطتي الحركة الوسطى».



الشكل رقم (٢ ـ ٥)

إن هذا البرهان الرياضي الخالص يسمح له بتحليل الحركة الظاهرية والحركة المتوسطة المستوية، كل واحدة بالنسبة إلى الأخرى بشكل دقيق، وبتحديد موقع محورين، الأول هو AC، محور التناظر للحركة المتوسطة المستوية، عندما تراقَب من النقطة E، والثاني هو BF محور التناظر للحركة الظاهرية على فلك البروج. وهكذا فإن الهيئة الهندسية المقترحة لتحليل حركة كوكب، تصبح هي الأخرى، بالنسبة الى ثابت بن قرة، قابلة للتحليل النظري بواسطة الوسائل التي يوفرها تطور الرياضيات. وهذا ما يؤدي بثابت بن قرة إلى القيام بأول تحليل رياضي للحركة.

ب ـ اختيار فترات الزمن لتحديد حركات القمر المختلفة(٣٨)

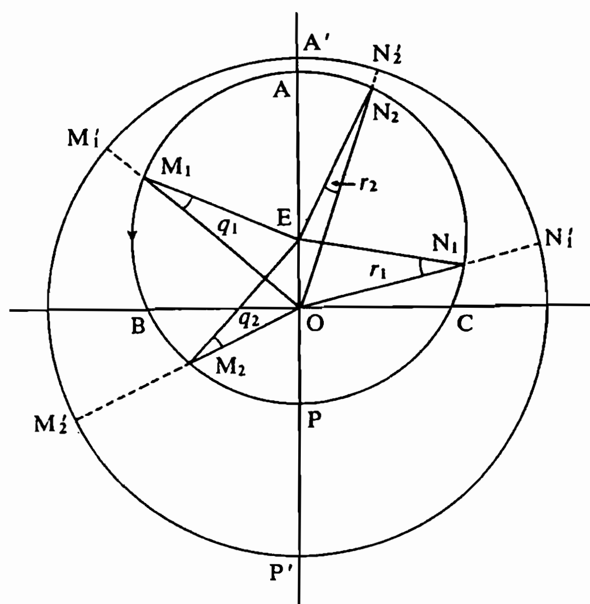
راجع ثابت بن قرة، هنا أيضاً، مسألة طرحها بطلميوس في بداية الكتاب الرابع من **المجسطي**. وقد أراد بناء كل دراسته لحركات القمر، على أرصاد كسوفات القمر، لأن هذه الكسوفات تمكن من تحديد المواقع النسبية للشمس والقمر دون أن يفسد خطأ اختلاف المنظر نتائج الأرصاد. وكانت حركة الشمس قد دُرست في المقالة الثالثة من **المجسطي**، لذلك يجب اختيار الفواصل الزمنية التي يحدث الكسوف في أطرافها دورياً، بحيث يكون

---

(٣٨) عنوان المؤلّف: «في إيضاح الوجه الذي ذكر بطلميوس أن به استخرج من تقدمه مسيرات القمر الدورية وهي المستوية»، أو «حركة النيّرين». انظر: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie*, pp. lxxx - xcii, 84-92 et 222 - 229.

مؤكداً أن القمر قد أتم فيها رجعات كاملة على كل فلك من أفلاكه. فإذا عرفنا عدد هذه الرجعات، يمكننا تحديد دورية الحركات المختلفة للقمر. قبل أن نبين كيف حل بطلميوس هذه المسألة، سنرى كيف طرحها ثابت بن قرة.

إنه يهتم بالشمس، في أول الأمر، فيأخذ من جديد محورَي التناظر AP وBC، المحدّدين في كتابه السابق، لحركة كوكب على فلكٍ خارج المركز. انظر الشكل التالي حيث يوجد الراصد في النقطة O مركز فلك البروج، وتكون النقطة E مركز الفلك الخارج المركز. تسري الشمس من النقطة M_1 إلى النقطة M_2 في الفترة الزمنية الأولى t_1، ومن النقطة N_1 إلى النقطة N_2 في فترة زمنية ثانية t_2 مساوية للأولى. لذلك يكون قوسا الحركة المتوسطة M_1M_2 وN_1N_2 على الفلك الخارج المركز متساويين. ويقابل هذين القوسين قوسا الحركة الظاهرية $M'_1 M'_2$ و $N'_1 N'_2$ المرصودان على فلك البروج. ولكن النسبة بين القوسين الأخيرين تتعلق بموقعَي M_1 وM_2 على الفلك الخارج المركز، وفقاً لنتائج الكتاب المشروح سابقاً.



الشكل رقم (٢ ـ ٦)

إذا سمّينا q_1 وq_2، r_1 وr_2، ترتيباً، الفروق بين الحركة الوسطى والحركة الظاهرية للنقاط M_1 وM_2، N_1 وN_2، نحصل على:

$$N_1N_2 - N'_1N'_2 = r_2 - r_1 \quad و \quad M_1M_2 - M'_1M'_2 = q_2 - q_1$$

وهكذا يحصل ثابت بن قرة، بأخذه فترتين متساويتين من الزمن، أي $t_2 = t_1$، على سبع حالات لتركيب الحركتين يمكن التعبير عنها بطريقة نظرية بحتة بواسطة العلاقات بين $(q_2 - q_1)$ و$(r_2 - r_1)$ ويمكن تطبيقها مباشرة على الشمس. هذه الحالات هي:

١) تنطلق الشمس ،في الفترة t_1، من M_1 وتعود إلى نفس النقطة بعد عدة دورات كاملة، وتنطلق، في الفترة t_2، من النقطة N_1 وتعود إليها. وهكذا يكون معنا بشكل بديهي $q_1 = q_2$ و$r_1 = r_2$.

٢) $q_2 - q_1 = r_2 - r_1 = 0$

٣) $q_2 - q_1 = r_2 - r_1 > 0$

٤) $q_2 - q_1 = r_2 - r_1 < 0$

٥) $|q_2 - q_1| = |r_2 - r_1|$

٦) $q_2 - q_1 \neq r_2 - r_1$

٧) $q_2 - q_1 = 0$ و $r_2 - r_1 \neq 0$.

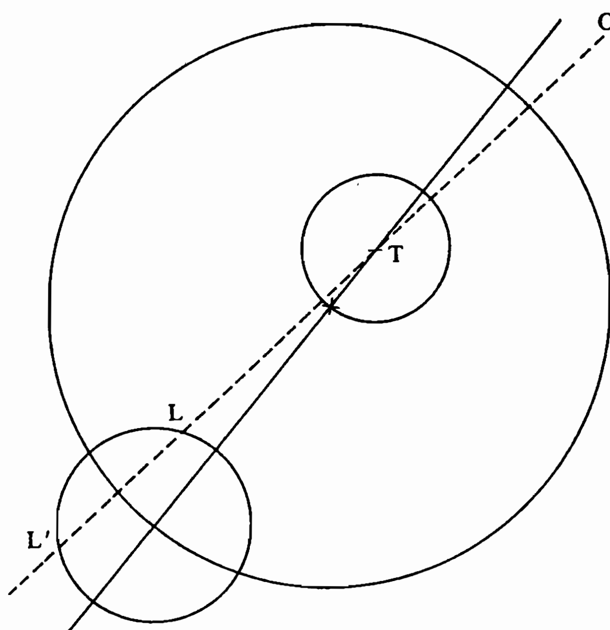
يحصل التعادل، خلال هاتين الفترتين المتساويتين، بين الحركات الظاهرية في الحالات ذات الأرقام ١، ٢، ٣، و٤، ويحصل التباين بين هذه الحركات في الحالات ذات الأرقام ٥، ٦، و٧. أما التعادل بين الحركة المتوسطة والحركة الظاهرية فيحصل في الحالتين ١ و٢ (الحالة رقم ٢ تنطبق على المبرهنة الثانية). ويمثل الشكل رقم (٢ ـ ٦) الوضع العام للحالة رقم ٦.

يمكن، بواسطة مبرهنتي الكتاب السابق وبالاستناد إلى محورَي التناظر، تحديد موضع النقط M_1 وM_2، N_1 وN_2، التي هي مواقع انطلاق ووصول الشمس خلال الفترتين الزمنيتين المتساويتين، وذلك لكل حالة من الحالات السبع لتركيب الحركتين.

إن وضعية القمر أكثر تعقيداً، إذ إنه يتحرك على فلك التدوير الذي يتحرك هو الآخر على فلكٍ خارج المركز. ولكننا في حالة تحصل فيها كسوفات القمر في أطراف الفترتين المشار إليهما، وهذا ما يسمح بإقامة علاقة بين حركة القمر وحركة الشمس، لأن الشمس والقمر يكونان، عندئذ، متقابلين حسب الشكل التالي:

إذا كانت الشمس في النقطة O، وكانت الأرض في النقطة T، يمكن للقمر الموجود على فلك التدوير، أن يكون في لحظة المقابلة مع الشمس في النقطة L أو في النقطة L′. يجد ثابت بن قرة، في هذا الوضع، سبع حالات لتركيب حركة القمر مشابهة لحالات تركيب حركة الشمس. إذا قطعت الشمس، في كل من الفترتين، في الحركة الظاهرية، مسافات زاويّة متساوية، فإن القمر يفعل ذلك أيضاً. ولكن، لكي تتحقق حركات القمر

هذه على مختلف أفلاكه، يجب حذف الحالات التي يمر فيها القمر من L إلى L′ على فلك التدوير بين طرفي كل من الفترتين. وهكذا تجب مناقشة الحالات السبع، مما يؤدي إلى إبعاد الحالات ذات الأرقام ٥، ٦، و٧ بسبب وضع الشمس التي لها حركات ظاهرية غير متساوية في طرفي الفترتين، وكذلك إلى إبعاد الحالات ذات الأرقام ٢، ٣، و٤، لأن القمر يمر عندئذ من L إلى L′ على فلك التدوير. فلا نستبقي إلا الحالة الأولى، حيث ينطلق القمر والشمس من نفس النقطة على فلك البروج ويعودان إليها، لأن كلاً منهما يكون، في هذه الحالة فقط، قد أتمّ عدداً كاملاً من الرجعات على مختلف أفلاكه.



الشكل رقم (٢ ـ ٧)

وكان بطلميوس قد قام كذلك بمناقشة حول فترتين زمنيتين متشابهتين، واختار للشمس أربع حالات[٣٩]:

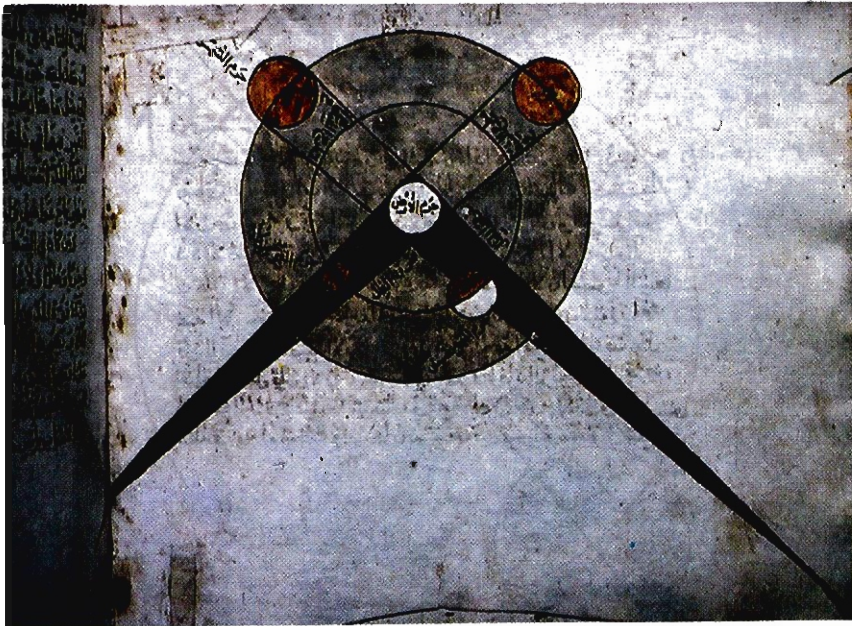
(أ) تجتاز الشمس دوائر كاملة في الفترتين t_1 وt_2 ـ وهذا ما يعادل حالة ابن قرة الأولى.

(٣٩) انظر: Ptolemaues, *L'Almageste:* édition du texte grec par J. L. Heiberg, tome 1, pp. 272 - 275, et traduction française par N. Halma, tome 1, pp. 218 - 220.

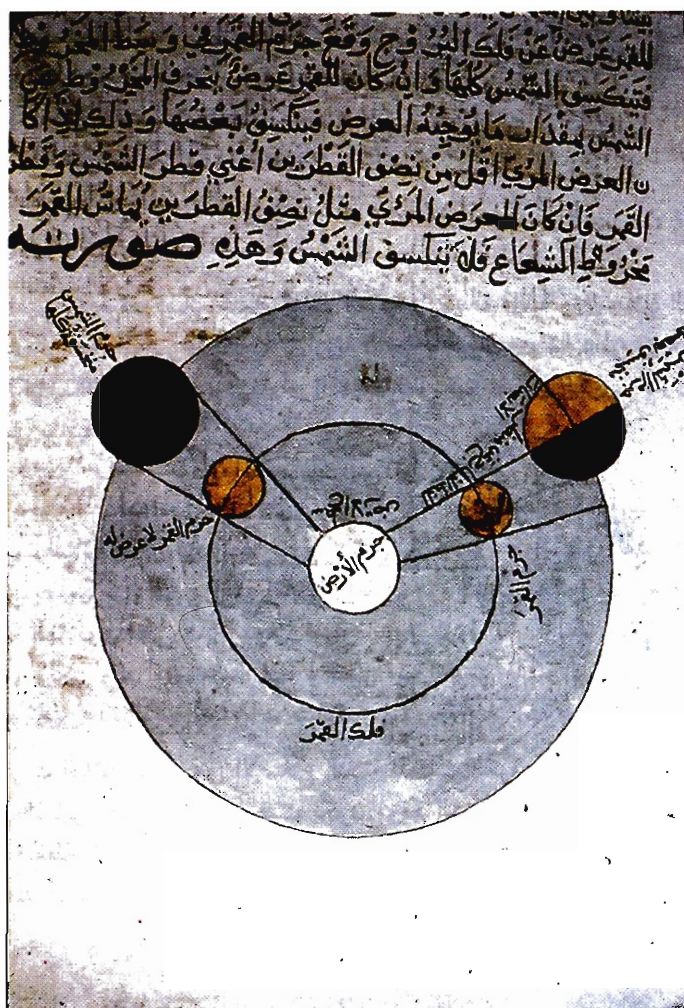
(ب) تنطلق الشمس في بداية الفترة t_1 من الحضيض، وتصل إلى الأوج في نهايتها ـ وهذه وضعية خاصة من حالة ابن قرة الثانية.

(ج) تنطلق الشمس، في الفترتين t_1 وt_2، من نفس النقطة على فلك البروج ـ وهذه وضعية خاصة من الحالتين الثالثة والرابعة لابن قرة.

(د) نقطة انطلاق الشمس في الفترة t_1 متناظرة، بالنسبة الى الأوج أو الحضيض، مع نقطة وصولها في الفترة t_2، والعكس بالعكس ـ وهذا ما يطابق الحالة الثالثة أو الحالة الرابعة لابن قرة.



الصورة رقم (٢ ـ ٢)
القزويني، **كتاب عجائب المخلوقات**
(فلورانس، مخطوطة مكتبة لورانسيانا، ٤٥).
وهو كتاب في علم نظام الكون وليس في الهيئة،
وهو نوع من «التعميم» عن الثقافة العامة.
ويصف القزويني فيه ـ من بين أمور أخرى ـ الظواهر السماوية.
ونرى هنا شرح كسوف القمر وكسوف الشمس تبعاً
للفرضية القائلة بأن الأرض هي المركز.



الصورة رقم (٢ ـ ٣)

القزويني، **كتاب عجائب المخلوقات**

(فلورانس، مخطوطة مكتبة لورانسيانا، ٤٥).

وهو كتاب في علم نظام الكون وليس في الهيئة،

وهو نوع من «التعميم» عن الثقافة العامة.

ويصف القزويني فيه ـ من بين أمور أخرى ـ الظواهر السماوية.

ونرى هنا شرح كسوف القمر وكسوف الشمس

تبعاً للفرضية القائلة بأن الأرض هي المركز.

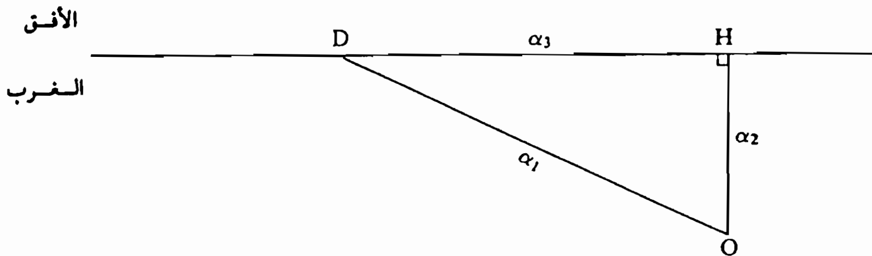
يتفحص بطلميوس وضع القمر، بعد ذلك، فيحذف الحالات (ب)، (ج)، و(د)، ولا يحتفظ إلا بالحالة الأولى، أي بحالة ابن قرة الأولى. إن استنتاجاتهما متشابهة، ولكن بطلميوس يُجري استدلالاته انطلاقاً من نقاط خاصة، بينما يأخذ ابن قرة المسألة بكل شموليتها، ويحللها تحليلاً كاملاً، فيصل إلى نتيجة غير قابلة للرفض (ضمن إطار الهيئات الهندسية المتبعة)، لأن تحليله النظري كامل الدقة.

ج ـ قابلية رؤية الهلال

لقد اهتم ابن قرة، كسائر علماء الفلك العرب، بمسألة قابلية رؤية هلال القمر. وقد نُقل له كتابان في هذا الموضوع: **كتاب في رؤية الأهِلّة بالجيوب**، **وكتاب في رؤية الأهِلة من الجداول**. الكتاب الأول نظري بحت، أما الكتاب الثاني فهو تبسيط لِلكتاب الأول من أجل تطبيقه العملي بواسطة الجداول[٤٠].

لقد بحث ابن قرة، بشكل إجمالي، عن علاقة قابلة للتحديد كمياً بين ضيائية أول هلال قمري وضيائية الأفق تماماً بعد غروب الشمس. وكما رأينا سابقاً، لقد اقتبس حبش الحاسب عن بطلميوس، في دراسته لقابلية رؤية النجوم الثابتة والكواكب، مفهوم «قوس قابلية رؤية» الهلال وأعطى هذا القوس قيمة ثابتة تساوي $10°$. ولقد جرى ابن قرّة على هذا التقليد، ولكن حلّه أكثر تعقيداً لأنه لم يعتبر قيمة «قوس قابلية الرؤية» ثابتة. وهذا ما أوجب عليه تغيير هذه القيمة بحسابات متتالية تبعاً لأربعة متغيرات عرفها كما يلي:

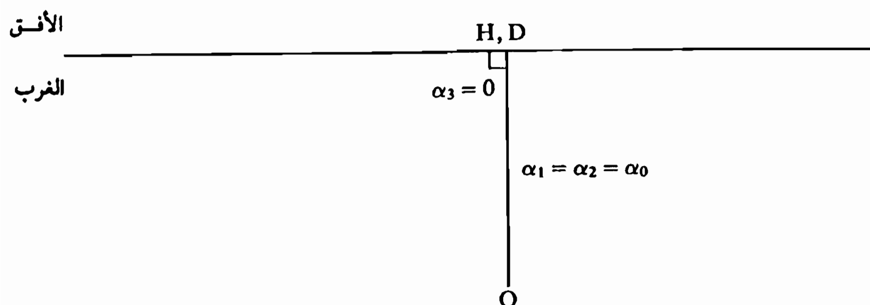
المتغيرات الثلاثة الأولى هي الأضلاع الثلاثة للمثلث الكروي الأساسي المسمى OHD في الشكل السابق رقم (٢ ـ ٣)، حيث يكون موقع الشمس تحت الأفق في النقطة O، وتكون H «نقطة الأفق الأكثر إضاءة» على الخط العمودي للشمس، ويكون القمر في النقطة D عند أفوله. سنرمز إلى هذه الأقواس الثلاثة بـ α_1، α_2، وα_3.



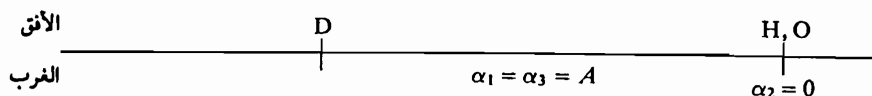
الشكل رقم (٢ ـ ٨)

(٤٠) انظر: Thābit Ibn Qurra, Ibid., pp. xciii - cxvii, 94 - 116 and 230 - 259, للحصول على تفاصيل الشرح الآتي المقدم هنا بشكل موجز في محاولة لإعادة بناء النص حسب منهج المؤلف.

القوس الأول α_1 هو المسافة الزاوية بين القمر والشمس، وهو القوس الذي يحدد جزء الهلال المرئي من الأرض والمضاء بالشمس. القوس الثاني α_2 هو «قوس انحطاط الشمس تحت الأفق»، الذي تتعلق به ضيائية السماء في نقطة الأفق H، بعد غروب الشمس. أما القوس الثالث α_3 فهو المسافة من D إلى نقطة الأفق H الأكثر إشراقاً، وتتعلق به ضيائية السماء في النقطة التي يغيب فيها القمر. يمكن أن يوجد هذا المثلث في إحدى الحالتين الحدّيتين التاليتين:



الشكل رقم (٢ ـ ٩)



الشكل رقم (٢ ـ ١٠)

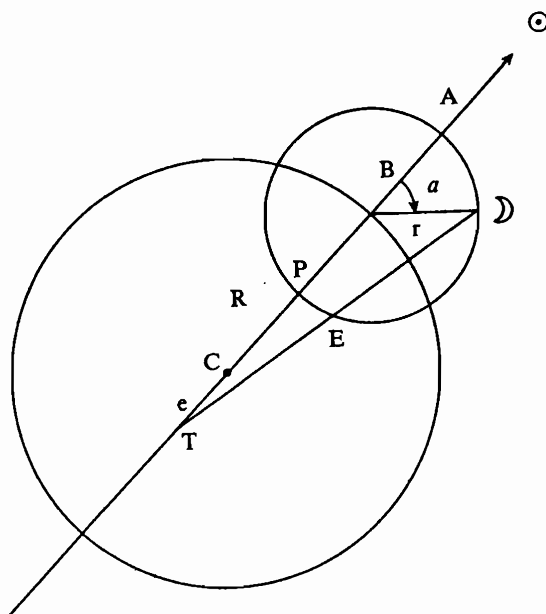
يغيب القمر، في الحالة الأولى، على الخط العمودي للشمس، في «نقطة الأفق الأكثر إشراقاً» (انظر الشكل رقم (٢ ـ ٩)). فيكون القوس α_3 مساوياً للصفر، وتمكن رؤية الهلال، إذا كانت قيمة كل من α_1 وα_2 مساوية، على الأقل، للقيمة الحدّية المشتركة α_0 لهذين القوسين. إن α_0 هي القيمة المطلقة لـ «قوس قابلية رؤية» الهلال، ويجب تحديدها تبعاً للمسافة بين الأرض والقمر. لقد أكد إبن قرة، دون إثبات، أن هذه القيمة الدنيا تساوي، بالدرجات، 10;52، فيكون الهلال غير قابل للرؤية، إذا صحّت المتراجحة: $\alpha_0 < 10;52$. يغيب القمر والشمس معاً في الوقت نفسه، في الحالة الثانية، ويكون الهلال على حد قابلية الرؤية. فيجب عندئذٍ أن تكون المسافة الزاوية بين الشمس والقمر مناسبة للتمكن من رؤية الهلال في النهار. وهكذا (انظر الشكل رقم (٢ ـ ١٠)) نحصل على:

$$\alpha_1 = \alpha_3 = A \quad \text{و} \quad \alpha_2 = 0$$

والزاوية A هي الحد الأدنى الذي يجب اجتيازه لكي يكون الهلال مرئياً في كل الظروف الممكنة. لقد أكد ابن قرة أن الهلال يصبح مرئياً في النهار إذا تحققت المتراجحة A > 25°، مهما كانت قيم المتغيرات الأخرى. ويظهر أن هذا الحد الأدنى المساوي لـ 25° قد استُنتج من الرصد. فقد بيّنت أرصاد حديثة أن القمر يكون على حد قابلية الرؤية في وسط النهار، إذا كانت مسافته الزاوية إلى الشمس قريبة من 25°.

أما المتغير الرابع فهو متعلق بالمسافة، بين الأرض والقمر، التي تتعلق بها زاوية رؤية القمر، وبالتالي ضيائية القمر لنفس الجزء من الهلال المضاء. إن موضع مركز فلك تدوير القمر يمكن أن يندمج مع أوج فلكه الخارج المركز في أول لحظة لقابلية رؤية الهلال. إن خاصة القمر a هي المتغير الوحيد الذي يدخل في تحديد المسافة بين الأرض والقمر.

يبلغ القمر بعده الأقصى عن الأرض عندما تكون a مساوية للصفر، ويبلغ بعده الأدنى عندما تكون a مساوية لِ 180°. وعندما تكبر خاصة القمر من 0° إلى 180°، تصغر المسافة بين الأرض والقمر من R+e+r إلى R+e−r حيث يكون R شعاع الفلك الخارج المركز، ويكون e مقدار خروج هذا الفلك عن المركز، ويكون r شعاع فلك التدوير.



الشكل رقم (٢ ـ ١١)

(١) المرحلة الأولى: العلاقة بين α_1 و α_2

يدور القسم الأساسي من المناقشة حول القوسين α_1 وα_2 في الشكل رقم (٢ ـ ٨)، أي حول المتغيرين الأكثر أهمية. إذا تزايد α_1 يصبح الهلال أكثر ضياء، وإذا تناقص α_2 تصبح ضيائية السماء أقوى على الأفق. ويجب إيجاد توازن بين تغير α_1 وتغير α_2 وتعديل هذا التوازن تبعاً للمتغيرين الآخرين. لتكن $V(\alpha_1, \alpha_2)$ العلاقة بين القوسين α_1 وα_2 عندما يكون الهلال على حد قابلية الرؤية. يبحث ابن قرة عن العلاقة الواجبة بين مقدار «التزايد» $\triangle\alpha_1$ ومقدار التناقص $\triangle\alpha_2$، بحيث نستطيع كتابة المطابقة التالية:

$$V(\alpha_1, \alpha_2) \Longleftrightarrow V(\alpha_1 + \triangle\alpha_1, \alpha_2 - \triangle\alpha_2)$$

يعني الطرف الأيمن من هذه العبارة أن الهلال هو من جديد على حد قابلية الرؤية بالنسبة الى القوسين المقصودين. يؤكد ابن قرة عندئذٍ أن نسبة $\triangle\alpha_1$ إلى $\triangle\alpha_2$ ثابتة: $k = \triangle\alpha_1/\triangle\alpha_2 = (A - \alpha_0)/\alpha_0$، حيث تكون A و$\alpha_0$ كما حددنا سابقاً. ونحن نجد ثانية هذه الثابتة إذا نقلنا الهلال من حالة حدِّية إلى حالة حدية أخرى (انظر الشكلين رقم (٢ ـ ٩) ورقم (٢ ـ ١٠))، أي من $(\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_0)$ إلى $(\alpha_1 = A)$ و$(\alpha_2 = 0)$. فيمكننا أن نستنتج من العبارة السابقة: $V(\alpha_0, \alpha_0) \Longleftrightarrow V(A, 0)$ ، مع $\triangle\alpha_1 = A - \alpha_0$ و$\triangle\alpha_2 = \alpha_0$، وهذا ما يعطينا النسبة الثابتة المقترحة k بين $\triangle\alpha_1$ و$\triangle\alpha_2$، فنحصل على $A = (k+1)\alpha_0$. يؤكد ثابت بن قرة أن النسبة k معروفة، وتؤكد معطيات النص العددية أن $k = 1;11,46$. ربما يكون المؤلف قد حصل على هذا العدد من دراسة أجراها على القيم التي أعطاها بطلميوس في **كتاب الاقتصاص**، لـ «قوس قابلية الرؤية» للكواكب المختلفة[(٤١)].

(٢) المرحلة الثانية: دور α_3

إن α_0 هي القيمة المطلقة لـ «قوس قابلية رؤية» الهلال، لأن القمر، في الحالة الحدّية الظاهرة في الشكل رقم (٢ ـ ٩)، يأفل على خط الشمس العمودي فتكون α_3 مساوية للصفر. وعندما يبتعد القمر عن النقطة H التي هي «النقطة الأكثر إشراقاً على الأفق»، يكون القوس الجديد لقابلية الرؤية أصغر من α_0 بقليل، لأن ضيائية الأفق في هذا المكان أضعف قليلاً من ضيائيته في النقطة H. يطبق ابن قرة عندئذٍ الصيغة التي أعدها بطلميوس، في كتابه **في ظهور الكواكب الثابتة**، لقابلية رؤية النجوم الثابتة[(٤٢)]، فيعطي أول صيغة لتعديل قوس قابلية الرؤية:

$$\alpha_0' = \alpha_0(360 - \alpha_3)/360.$$

---

(٤١) لتوضيح هذه الفرضية، انظر: المصدر نفسه، من ص cxii إلى ص cxv.

(٤٢) انظر: Régis Morelon, «Fragment arabe du premier livre du *Phaseis* de Ptolémée,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 5, nos. 1 - 2 (1981), pp. 3 - 14.

(٣) المرحلة الثالثة: دور المسافة بين الأرض والقمر (تبعاً لـ a)

رأينا سابقاً أن ابن قرة وضع 52 ;10 = α_0 كحدٍ أدنى مطلقٍ لقوس قابلية الرؤية، ووضع 25 = A كحد أقصى لهذا القوس بحيث إذا زاد القوس عن هذا الحد الأقصى أصبح القمر مرئياً في النهار مهما كانت الشروط الأخرى. وهكذا أكد ثابت بن قرة أن العلاقة 52 ;10 = α_0 تحقق أحسن الشروط لقابلية الرؤية، إذ يكون القمر في أقرب مسافة من الأرض (180 = a على الشكل رقم (٢ ـ ١١))، وأن العلاقة 25 = A تحقق أسوأ الشروط لقابلية الرؤية، إذ يكون القمر في أبعد مسافة عن الأرض (a = 0). وعندما تتغير مسافة القمر إلى الأرض، تتغير زاوية رؤيته، فيتوجب حساب α_0 وA تبعاً لذلك. لقد قام ابن قرة بحل هذه المسألة قياساً على ما عرض في **كتاب الاقتصاص** حول قابلية رؤية هلال كوكب الزهرة. يحدد بطلميوس في هذا الكتاب قوس قابلية رؤية الزهرة بخمس درجات عندما يكون هذا الكوكب على مسافته الدنيا من الأرض (166 شعاعاً أرضياً حسب الأرقام المقررة في ذلك العصر) وبسبع درجات عندما يكون هذا الكوكب على مسافته القصوى (1079 شعاعاً أرضياً). أما الأرقام الخاصة بالقمر والواردة في نفس الكتاب، فهي تحقق العلاقتين: $R + e - r = 53$ و$R + e + r = 64$. يؤكد ابن قرة عندئذٍ، دون أن يُثبت حسابه بوضوح، أن الفروقات في قوس قابلية رؤية هلال القمر هي 31 ;0 لـ α_0، و8 ;1 لـ A. فيستنتج من ذلك أن: 23 ;11 ⩾ α_0 ⩾ 52 ;10 و25 ⩾ A ⩾ 52 ;23 عندما يكون $0 \leqslant a \leqslant 180$.

توجد طريقة حسابية وحيدة للحصول ثانية على قيم تقريبية جيدة لهذه الأرقام، وذلك باعتبار المسافات حدوداً لمتتالية عددية وباعتبار أقواس قابلية الرؤية حدوداً لمتتالية هندسية. والنتيجة هي كالآتي: فيما يخص كوكب الزهرة، إن معامل المتتالية العددية يساوي 1، ويكون قوسا الرؤية، بالطبع، في المرتبتين 5 و7، أما معامل المتتالية الهندسية فهو 712 ;2، ويكون العدد 147 في المرتبة 5، والعدد 1079 في المرتبة 7. فيما يخص القمر، يساوي مُعامل المتتالية العددية 0;31، فنجد 10;51 في المرتبة 21 و11;22 في المرتبة 22. ويساوي مُعامل المتتالية الهندسية 64/53، فنجد 53 في المرتبة 21، و64 في المرتبة 22. إن الأرقام التي حصلنا عليها هنا قريبة بشكل جيد من أرقام ابن قرة، مما يجعلنا نستنتج أنه قد استخدم نفس الطريقة الحسابية لاستخراجها. إذا كانت النسبة k معروفة، كما يؤكد ابن قرة، فإن معرفة 25 = A، بواسطة الرصد، تكفي وحدها لإيجاد القيمتين الحديتين لكل من α_0 وA.

هذه المطابقة بين حدود المتتاليتين لا تعطي إلا قيم α_0 وA القصوى الموافقة لـ $a = 0$ و$a = 180$. وقد استخدم ابن قرة، لحساب القيم الأخرى، صيغة استكمال بسيطة جداً

اقتبسها عن بطلميوس الذي وضع جدولاً[٤٣] للدالة $I(a)$ التي تحقق العلاقة $0 \leqslant I(a) \leqslant 1$، عندما يكون $0 \leqslant a \leqslant 180$. وهكذا يضع ثابت بن قرة:

$$\alpha_0 = 11; 23 - 0; 31 . I(a)$$ و $$A = 25 - 1; 8 . I(a).$$

تتطرق المناقشة أخيراً إلى القوس α_2 (قوس انحطاط الشمس تحت الأفق)، لمقارنته بـ «قوس قابلية الرؤية» المحسوب تدريجياً بإعطاء قيمٍ ثابتةٍ لبعض المتغيرات:

(أ) يضع ابن قرة $\alpha_3 = 0$ و$\alpha_1 = 10; 52$ (الحد الأدنى المطلق)، ويحسب، تبعاً لـ a، قيمة α_0: $\alpha_0 = 11; 23 - 0; 31 . I(a)$، ثم يستنتج أن هلال القمر يكون مرئياً إذا كان $\alpha_2 \geqslant \alpha_0$.

(ب) يأخذ ابن قرة قيمة α_3 الحقيقية ويحتفظ بـ $\alpha_1 = 10;52$، ثم يحسب النقص الحاصل لقوس قابلية الرؤية، $\alpha_0' = \alpha_0 - \Delta\alpha_0$، بواسطة صيغة بطلميوس التالية الواردة في **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**: $\alpha_0' = \alpha_0 (360 - \alpha_3) / 360$، فيستنتج أن الهلال يكون غير مرئي إذا كان معنا $\alpha_2 \geqslant \alpha_0'$.

(ج) يأخذ ابن قرة القيم الحقيقية لكل المتغيرات، ويحسب $\alpha_0'' = \alpha_0' - \Delta\alpha_0'$ أي النقص الحاصل الذي يتعلق بـ α_1 وهي المسافة الزاويّة بين الشمس والقمر التي تعطي العرض الحقيقي للهلال المرئي. وتجب إضافة عامل آخر يؤثر على تزايد القوس α_1 انطلاقاً من حده الأدنى المطلق $10 ; 52$، ويُدخل A' قيمة A المعدلة، كما جرى لـ α_0، بواسطة الصيغة المقتبسة من **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**. وهكذا تصبح العبارة النهائية على الشكل التالي:

$$\alpha_0'' = [11;23 - 0;31 . I(a)] [(360 - \alpha_3) / 360] [(A' - \alpha_1) / (A' - 10;52)]$$

ويستنتج ابن قرة أن الهلال يصبح مرئياً إذا كان $\alpha_2 \geqslant \alpha_0''$.

وهكذا تستند نظرية قابلية الرؤية إلى ستة عناصر: الرصد الذي يعطي $A = 25$، النسبة الثابتة k، بين «تزايد» α_1 و«تناقص» α_2، المطابقة بين حدود متتاليتين إحداهما عددية والأخرى هندسية، وضعية المتغيرات الثلاثة الرئيسة بالنسبة الى قيمها الحدية، $\alpha_0 \leqslant \alpha_1 \leqslant A$ و $0 \leqslant \alpha_2 \leqslant \alpha_0$ و $0 \leqslant \alpha_3 \leqslant A$؛ صيغة استكمال بسيطة مقتبسة عن بطلميوس، وصيغة مستخرجة من **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**، لتعديل النتيجة تبعاً لوضع القمر على الأفق.

لقد استخدم ابن قرة، في كل هذه الدراسة، التشابه بين حالة الهلال وحالة الكواكب الثابتة فطبق صيغةً من **كتاب في ظهور الكواكب الثابتة**. واستخدم كذلك التشابه بين حالة

---

(٤٣) انظر: Ptolemaues, *L'Almageste*, traduction française par N. Halma, tome 1, p. 430.

الهلال وحالة الكواكب، فاقتبس مثال كوكب الزهرة. وهذا يعني، بالنسبة إليه، أن لا وجود سوى لمسألة واحدة لقابلية رؤية أي جرم سماوي مضيء على الأفق بعد غروب الشمس أو قبل شروقها: الهلال القمري، الكواكب الثابتة، والكواكب تخضع كلها لتلك الظاهرة الفريدة التي حاول ابن قرة تحليلها تحليلاً رياضياً، باحثاً عن علاقة بين الأبعاد التابعة لضيائية الجرم المقصود بالدرس، وللأفق في لحظة معينة. وهكذا يظهر أنه قد بحث عن قانون عام، حاول تطبيقه عددياً على حالة الهلال.

وهكذا سعى ابن قرة إلى معالجة مسائل علم الفلك بطريقة رياضية دقيقة. لقد تعرض لهذه المسائل في كل شموليتها، ودرس بطريقة هندسية بحتة الهيئات التي اقترحها بطلميوس، دون أن يشكك في صحة تلك الهيئات. لقد اعترف بأن الدقة الجيدة للنتائج المستخرجة عن طريق الاستدلال البحت، لا يمكن تأمينها دائماً في النتائج الرصدية، وذلك لأن «ما يدرك بالحواس لا يمكن أن يصل إلى مثل تلك الدقة»[٤٤]. إن التثبت من النتائج النظرية بواسطة الرصد يبقى دائماً ضرورياً، لذلك يكرس ابن قرة خاتمة كتابه النظري البحث عن قابلية رؤية الهلال، للتحدث عن هذه الفكرة، وعن شروط الرصد وعن العوامل الشخصية المتعلقة بمزايا الراصد.

٤ ـ البتـانـي

لقد ظهر في المنعطف بين القرنين التاسع والعاشر للميلاد، عالم فلك ذو شهرة عظيمة، هو البتاني الذي ولد في أواسط القرن التاسع وتوفي في سنة ٣١٧ هـ/ ٩٢٩م. أصله من حران كثابت بن قرة. وقد أمضى أكبر قسم من حياته في الرقة، على ضفاف الفرات في شمال سوريا الحالية، حيث أجرى أرصاداً عديدة ذات جودة عالية، طيلة أكثر من ثلاثين سنة في مرصده الشخصي. وقد حرر خلاصة أعماله في مؤلف ضخم هو **الزيج الصابىء**[٤٥]. كان لهذا المؤلف تأثير كبير على علم الفلك في الغرب اللاتيني خلال القرون الوسطى وفي بداية النهضة الغربية. وسبب ذلك أن كتابه كان، من ذلك العصر، المؤلف الكامل الوحيد في علم الفلك العربي الذي تُرجم بكامله إلى اللاتينية في القرن الثاني عشر (ثم مباشرة إلى الإسبانية في القرن الثالث عشر للميلاد). وقد ذكر في ذلك

---

(٤٤) انظر: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie*, p. 108, ligne 6.

(٤٥) الإسم الكامل لهذا المؤلف هو: أبو عبد الله محمد بن جرير بن سنان البتاني الصابىء الحراني.
انظر: Albategnius, *Al-Battānī, sive Albatenii Opus Astronomicum (al - Zīj al-Ṣābī')*, édition du texte arabe, traduction latine et commentaire par Carolo Alphonso Nallino, Publicazioni del Reale osservatorio di Brera in Milano, I-III, 3 vols. (Milano: Mediolani Insubrum, Prostat apud U. Hoeplium, 1899 - 1907), réimprimé en 1 vol. (Hildesheim; New York: G. Olms, 1977).

الزمن باسم «البتِنيي» (Albategni) أو «ألبتِنيوس» (Albatenius). وكان كتابه المؤلف الوحيد الكبير الأهمية في علم الفلك الشرقي ذي التقليد العربي، الذي عُرف ودُرس حتى عهد قريب نسبياً. لهذا السبب كان البتاني عظيم الشهرة، وكان يعتبر «أكبر عالم في الفلك العربي» من قبل المؤلفين المتتالين لمعظم الموجزات في تاريخ علم الفلك.

لقد كان البتاني بالفعل من أكبر الرصّاد، ولكن ليس لعمله في علم الفلك النظري أهمية كبرى. فقد تبع، بشكل كامل تقريباً، من سبقه مباشرة من العلماء العرب. ولم يستشهد بهؤلاء أبداً بشكل واضح، بل استند غالباً إلى بطلميوس. أعاد البتاني حساب بعض الوسائط، وقارن نتائج أرصاده الخاصة ببعض نظريات سابقيه دون أن ينقد تلك النظريات أو يزيد عليها بشكل يستحق الذكر.

وهكذا يكمن إسهام البتاني الأساسي في ميدان الرصد الخالص. لقد قاس، بدقة فائقة، ميل فلك البروج (23;35). ووجد أن أوج الشمس على فلك البروج يقع على بعد 22;50,22 من برج الجوزاء. وهذه القيمة هي، في عصر البتاني، أقرب بكثير إلى القيمة الحقيقية من تلك التي وردت في كتاب **في سنة الشمس ذاته**. وبذلك أكد حركية أوج الشمس. وقد حسب طول السنة المدارية فوجده مساوياً لـ 365;14,26، وهذه القيمة أقل صحة، بالنقصان، من تلك التي وردت في نفس **كتاب في سنة الشمس**. تبنى البتاني قيمة ثابتة مبادرة الاعتدالين التي وردت في **الزيج الممتحن**، وهي المساوية لدرجة واحدة كل ٦٦ سنة؛ وذلك بعد أن دقق في صحتها دون أن يذكر المصدر الذي استند عليه. وهذا ما سمح له بإعادة حساب أرقام جدول الكواكب الثابتة الوارد في **المجسطي**، فخفض عددها إلى أقل من النصف (٤٨٩ بدلاً من ١٠٢٢).

إن رصده الأكثر شهرة هو، بحق، رصد تغير زاوية الرؤية لكل من الشمس والقمر. وهذا ما جعله، يستنتج، لأول مرة في تاريخ علم الفلك، أن كسوفات الشمس الحلقية ممكنة، لأن زاوية رؤية القمر، في حدها الأدنى، يمكن أن تكون أصغر بقليل من زاوية رؤية الشمس. لقد أكد، في الواقع، أن زاوية رؤية القمر، عند قرانه مع الشمس، تتغير من 0;29,30 إلى 0;35,20 (التغير الحقيقي هو من 0;29,20 إلى 33,30 ;0) وأن زاوية رؤية الشمس تتغير من 31,20 ;0 إلى 0;33,40 (التغير الحقيقي هو من 0;31,28 إلى 0;32,32). أما بطلميوس فقد اعتبر أن زاوية رؤية الشمس ثابتةٌ ومساويةٌ لـ 0;31,20 ـ دون أن يأخذ بعين الاعتبار، وهذا أمر غريب، تغير مسافة الشمس إلى الأرض في حركتها على الفلك الخارج المركز ـ وأن هذه القيمة هي أيضاً الحد الأدنى لزاوية رؤية القمر، مما يمنع إمكانية الخسوف الحلقي[٤٦].

---

(٤٦) حول الأرصاد المختلفة، انظر: المصدر نفسه (الترجمة والشرح موجودان في الجزء الأول، والنص=

سنحاول، في الختام، أن نلخص بسرعة العمل الذي أنجز في علم الفلك، في عهد العباسيين خلال القرن التاسع للميلاد. نستطيع أن نقول إن بحوثاً مبتكرة قد أجريت في هذا الميدان منذ أن وضعت المراجع الأساسية لهذا العمل تحت تصرف العلماء. وكانت هذه المصادر هندية وفارسية وسريانية، وخاصة يونانية. وكان العمل في ترجمة المصادر السابقة إلى العربية، متزامناً منذ البداية وطيلة القرن التاسع، مع العمل في البحث العلمي الصرف سواءً في علم الفلك أو في العلوم الدقيقة الأخرى(٤٧).

بدأ العمل بشكل حقيقي في البحوث الفلكية عندما تم وضع برنامج شامل للأرصاد المتواصلة في عهد الخليفة المأمون قُبيل سنة ٨٣٠م. وقد شجع المأمون كثيراً هذه البحوث الأساسية، كما فعل ذلك، من بعده، العديد من الخلفاء. وكان واضحاً، منذ ذلك العصر، أن علماء الفلك كانوا يشددون على دقة الآلات وعلى ضرورة القيام بأرصاد متواصلة ومكررة ـ للشمس والقمر في دمشق وبغداد، في أول الأمر على الأقل، ولكل الكواكب بعد ذلك ـ بينما لم ترد في المصادر القديمة إلا نتائج لأرصاد منعزلة في المكان والزمان. وقد تم تطوير ومتابعة هذا البرنامج، طيلة الفترة التاريخية اللاحقة.

ويجب أن نشدد أيضاً على المظهر الجماعي لهذا العمل حتى خارج إطار الأرصاد الصرفة، إذ إننا نجد آثاراً كثيرة لمراسلات علمية، بين علماء فلكيين، مذكورة في مؤلفات فهرسية عربية قديمة تخص ذلك العصر، فضلاً عن وجود مؤسسات عامة ممولة من السلطة المركزية مثل مرصد بغداد ومرصد دمشق. وهكذا نستطيع الكلام عن تكوين «مدرسة بغدادية» حقيقية في علم الفلك في القرن التاسع للميلاد.

كان التفاعل مستمراً بين النظرية والرصد عند الفلكيين العرب، وذلك بشكل منظم فاق بكثير ما جرى في علم الفلك الهِلِّينستي. وهذا ما سمح باكراً بنقد، حادٍ في بعض الأحيان، لبعض نظريات ونتائج بطلميوس. لكن ذلك جرى فقط من داخل النظام والهيئات الهندسية المقترحة من قبل بطلميوس.

= العربي في الجزء الثالث، والجداول في الجزء الثاني): ميل فلك البروج: الترجمة ص ١٢، الشرح ص ١٥٧ ـ ١٦٢، النص العربي ص ١٨ الخط ١٤؛ أوج فلك الشمس: الترجمة ص ٧٢، النص العربي من ص ١٠٧ الخط ٢٣ إلى ص ١٠٨ الخط ٧؛ السنة المدارية: الترجمة ص ٤٢، الشرح ص ٢١٠ ـ ٢١١، النص العربي من ص ٦٣ الخط ٢٢ إلى ص ٦٤ الخط ١؛ مبادرة الإعتدالين: الترجمة ص ١٢٨، النص العربي ص ١٩٢ الخطوط ١ ـ ٥؛ جدول النجوم الثابتة: الترجمة ص ١٤٤ ـ ١٨٦، النص العربي ص ٢٤٥ ـ ٢٧٩؛ زوايا رؤية الشمس والقمر: الترجمة ص ٥٨، الشرح ص ٢٣٦ ـ ٢٣٧، النص العربي ص ٨٨ الخطوط ٣ ـ ١٥.

(٤٧) حول هذه المسألة، انظر: Roshdi Rashed, «Problems of the Transmission of Greek Scientific Thought into Arabic: Examples from Mathematics and Optics,» *History of Science*, vol. 27 (1989), pp. 199 - 209.

لقد أُحرز تقدم خلال القرن التاسع، في علم المثلثات الكروية المعتبر آنذاك كـ «علم مساعد» فقط لعلم الفلك. وهذا ما أجاز القيام باستدلالات هندسية على أقواس الكرة السماوية، بشكل أكثر دقة وإعداداً، بفضل الاستخدام المنهجي للجيوب ولجيوب التمام، وبفضل إدخال الظلال وظلال التمام(٤٨). وأخيراً، لقد بدأ ابن قرة بحوثاً من أجل تطبيق في علم الفلك للنتائج التي حصل عليها الرياضيون، الذين غالباً ما كانوا فلكيين في نفس الوقت. وقد تابع أغلب الفلكيين الكبار اللاحقين هذه البحوث، فكان من نتيجة ذلك أن تأكدت الصفة العلمية تدريجياً للدراسات الفلكية.

هكذا وجدت التطورات اللاحقة في علم الفلك العربي بذورها في هذا القرن التاسع، وخاصة في بغداد حيث تم عملياً إعداد برنامج العمل وطرقه التي اتبعت بعد ذلك، دون تغيير يذكر على الأقل في مبادئها الأساسية، خلال عدة قرون.

ثالثاً: علم الفلك في القرنين العاشر والحادي عشر حتى البيروني

رأينا في المقدمة كيف حدثت، بين القرنين العاشر والحادي عشر للميلاد، تطورات حاسمة في مجال تصميم وتنظيم المراصد الثابتة ذات الحجم الكبير، في بغداد وإيران. وسيظهر الفصل الخامس عشر الخاص بالمثلثات أهمية النتائج المكتسبة خلال القرن العاشر في تطور هذا العلم الذي ترتبط به جزئياً دقة الحسابات الفلكية.

ولم يُنقل بشكل كامل غير جزئي إلا القليل من نصوص علم الفلك النظري لتلك الحقبة. ومن المفارقة أن يكون وصف تطور علم الفلك الشرقي العربي في القرن العاشر، أصعب من وصفه في القرن التاسع للميلاد. لذلك سوف نأخذ ببساطة ثلاثة أمثلة عن علماء تلك الحقبة، الذين عملوا، على ما يظهر، بشكل أكثر انعزالاً من علماء القرن الأسبق. بعد ذلك سنتوقف عند مجموعة أولئك العلماء الذين تتالوا من أستاذ إلى تلميذ حتى البيروني. عاش البيروني في قسم من القرن العاشر وفي قسم من القرن الحادي عشر، وبه تختم هذه الفترة الأولى من علم الفلك الشرقي.

١ ـ أبو جعفر الخازن، عبد الرحمن الصوفي وابن يونس

كان أبو جعفر الخازن رياضياً لامعاً، أصله من خراسان. قضى قسماً من حياته في ريّ وتوفي بين سنتي ٣٥٠ و٣٦٠هـ/ ٩٦١ و٩٧١م. ألف عدة كتب في علم الفلك

(٤٨) انظر الفصل الخامس عشر من الجزء الثاني من هذه الموسوعة وهو بعنوان «علم المثلثات: من الهندسة إلى علم المثلثات».

النظري، لم يبق لنا منها في هذا الميدان إلا بعض مقتطفات، من كتابه **شرح المجسطي**، تدور خاصة حول حساب المثلثات. إن إشارات بعض المؤلفين الذين جاؤوا من بعده، وخاصة البيروني، إلى أعماله تدل على أهمية هذه الأعمال بالنسبة إلى خلفائه. درس الخازن حركة الشمس، وبعكس البتاني، سلم بنتيجة رصد بطلميوس حول القيمة الثابتة لزاوية رؤية الشمس، وهذا ما اقتضى منه أن تكون مسافة الأرض إلى الشمس ثابتة. فاقترح هيئة جديدة لحركة الشمس، ليس على فلك خارج المركز، بل على دائرة مركزها الأرض، بحيث تكون الحركة مستوية حول نقطة خارجةٍ عن مركز العالم، وذلك بشكل مشابه لحركة فلك التدوير حول «نقطة معدل المسير» في هيئة بطلميوس للكواكب العليا(٤٩). وهذه هي حالياً النقطة الوحيدة التي تظهر لنا أنه قد قام بتقويم نقدي لهيئات بطلميوس.

ألف الخازن كتاباً آخر هو **كتاب في سر العالمين** وهو مفقود حالياً بأكمله. وقد اقترح فيه نظرية كلية جديدة للكون استناداً إلى نتائج بطلميوس في **كتاب الاقتصاص**(٥٠). وقد كان لهذا المؤلف، بعد قرن من ظهوره، تأثير أكيد بشكل لا يمكن تحديده بدقة حتى الآن، على القسم، من أعمال ابن الهيثم، المكرس لعلم وصف الكون، والمرتبط بنقده لنظام بطلميوس، والمستند بالفعل، في أغلب الأحيان، على حججٍ من نوع وصفي للكون(٥١).

ولد عبد الرحمن الصوفي (٢٩١ ـ ٣٧٦هـ/ ٩٠٣ ـ ٩٨٦م) في مدينة ريّ وعمل في شيراز وأصفهان. وقد ذُكر العديد من أرصاده حول ميل فلك البروج وحركة الشمس وطول السنة الشمسية. ولكنه اشتهر على الأخص بمؤلفه **كتاب صور الكواكب الثابتة**(٥٢) المحرر حوالى عام ٩٦٥م، وهو مقتبس من جدول الكواكب الثابتة الوارد في **المجسطي**. حدد الصوفي موقفه، في مقدمة هذا الكتاب، من صانعي الكرات السماوية ومن علماء الفلك العرب التابعين للجيل السابق، الذين درسوا الكواكب الثابتة، منتقداً الطريقة التي

---

(٤٩) انظر: أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، **القانون المسعودي**، صحح عن النسخ القديمة الموجودة في المكاتب الشهيرة، تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية، ٣ ج (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٤ ـ ١٩٥٦)، ص ٦٣٠ ـ ٦٣٢ و١٣١٢، حيث ذُكِر أيضاً كتاب **حول أحجام ومسافات الكواكب** للكاتب نفسه.

(٥٠) أشار الخرقي الثابتي، وهو مؤلف في القرن الثاني عشر، إلى الخازن، وفي الوقت نفسه، إلى أعمال لابن الهيثم مشابهة لأعمال الخازن. وذلك في مقدمة كتاب له في علم الهيئة هو: **منتهى الإدراك في تقاسيم الأفلاك**. المخطوطة موجودة في المكتبة الوطنية في باريس، فرنسا، تحت الرقم Ar. 2499.

(٥١) انظر الفصل التالي.

(٥٢) انظر: عبد الرحمن بن عمر الصوفي، **كتاب صور الكواكب الثمانية والأربعين** (حيدر آباد الدكن: جمعية دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٣)، أعيد طبعه في (بيروت: دار الآفاق الجديدة، ١٩٨١)؛ الترجمة الفرنسية لِـ: H. C. F. C. Schjellerup, *Description des étoiles fixes; composée au milieu du dixième siècle de notre ère, par l'astronomie persan 'Abd al-Raḥmān al-Ṣūfī* (St. Pétersbourg: Commissionaires de l'Académie impériale des sciences, 1874), réimprimé (Frankfurt: [s. n.], 1986).

درست بها بعض مجموعات النجوم. وتبنى قيمة ثابتة مبادرة الاعتدالين التي حُسبت في عهد المأمون، من قبل مؤلفي **الزيج الممتحن**، وهي المساوية لدرجة واحدة لكل ٦٦ سنة، بدلاً من درجة واحدة لكل قرن كما قرر بطلميوس. ولم يقم الصوفي بتعديل بسيط لجدول **المجسطي** فقط، أي بتغيير قوس طول كل كوكب وفقاً لتصحيح حركة مبادرة الاعتدالين بين القرن الثاني والقرن العاشر للميلاد. بل قام بمراجعات كثيرة، بواسطة الرصد، لمراتب عظمة الكواكب ولأقواس أطوالها على فلك البروج ـ وقال بنفسه انه احتفظ بقيم أقواس عروض الكواكب التي سجلها بطلميوس ـ وأدخل فكرة الإشارة إلى الألوان الظاهرية للكواكب الرئيسية. انتشر هذا الكتاب بشكل واسع باللغة العربية، ثم تُرجم ونُقل إلى اللاتينية ابتداءً من القرن الثاني عشر للميلاد ـ ودُوِّن اسم مؤلفه على شكل «أزوفي» (Azophi) ـ فكان من نتيجة ذلك أن أعطيت أسماء من أصل عربي للكثير من النجوم في الغرب.

وصفت المجموعات النجمية الثماني والأربعون، في هذا الكتاب، حسب نفس المخطط: يتم في أول الأمر تقديم المجموعة المعينة مع ذكر جميع نجومها ومختلف الأسماء العربية التي أمكنت نسبتها إلى هذه النجوم. وبعد ذلك يُعطى جدول بإحداثيات النجوم على فلك البروج، وبأبعادها. تحتوي كل نسخة من نسخات الكتاب، في الأصل، على رسوم صغيرة تمثل الأشكال الأسطورية لمختلف مجموعات النجوم، مع مواقعها. كل مجموعة مرسومة مرتين بشكل متناظر: «كما ترى في السماء» و«كما ترى على الكرة» ـ أي على شكل من خشب أو من معدن يمثل الكرة السماوية ـ وهذا ما يسهل تحديد مواضع مجموعات النجوم حتى للمبتدىء. يخصص المؤلف كتابه لاستخدام مزدوج، نظري وعملي في آن واحد، كالتوجه على الأرض، وعلى البحر مثلاً، وهذا ما ساهم في نجاح الكتاب. إن الرسوم المرفقة هنا تدل على جودة وتنوع تصاوير مجموعات النجوم الواردة في مخطوطات هذا الكتاب الشهير.



فيرى يمينها شمالا وشمالها يمينا ونراها في السماء على حقيقتها لانا ننظر اليها من
وسط الكرة من اسفل الى فوق فصورنا لكل كوكبة صورتين احديهما على ما يقع
في الكرة والاخرى على ما يرى في السماء لنكون قد احطنا بالحالين المختلفين
فلا يقع التباس على من يتامل ذلك اذا راى ما في الكرة مخالفا لما في السماء
فمتى اردنا ان نرى الصورة على جهتها رفعنا الدفتر فوق رؤسنا
وبصرنا الى الصورة الثابتة من تحتها فانا نراها على ما في السماء ٥ ٥

الصورة رقم (٢ ـ ٤)
الصوفي، كتاب صور الكواكب الثابتة
(طهران، مخطوطة مالك، ٦٠٣٧).

رسم الصوفي بنفسه البروج في كتابه، وتبعه الناسخ في رسومات فنية، يعتبر كل منها في حد ذاته عملاً فنياً مميزاً. وتمثل هذه الصورة رسم الدب الصغير.



الصورة رقم (٢ ـ ٥)
الصوفي، كتاب صور الكواكب الثابتة
(طهران، مخطوطة مالك، ٦٠٣٧).
رسم الصوفي بنفسه البروج في كتابه، وتبعه الناسخ في رسومات فنية، يعتبر كل منها في حد ذاته عملاً فنياً مميزاً. وتمثل هذه الصورة رسم الحمل.



الصورة رقم (٢ ـ ٦)
الصوفي، كتاب صور الكواكب الثابتة
(طهران، مخطوطة مالك، ٦٠٣٧).

رسم الصوفي بنفسه البروج في كتابه، وتبعه الناسخ في رسومات فنية، يعتبر كل منها في حد ذاته عملاً فنياً مميزاً. وتمثل هذه الصورة رسم العذراء.

٢ ـ ابن يونس (المتوفى سنة ٣٩٩ هـ/ ١٠٠٩ م)

عالم فلك كبير مصري. كان راصداً على الأخص. عمل في القاهرة في المرحلة الأولى من عهد الفاطميين. كان مرصده على جبل المقطم في شرق القاهرة، على الأرجح. أهم مؤلفاته هو **الزيج الحاكمي الكبير**، باسم السلطان الفاطمي الحاكم الذي تولى السلطة في القاهرة من سنة ٣٨٦ هـ/ ٩٩٦م إلى سنة ٤١١ هـ/ ١٠٢١م. وهو مؤلف ضخم من واحد وثمانين فصلاً، لم يحفظ منه سوى ما يزيد قليلاً على النصف(٥٣). أراد ابن يونس أن يؤلف كتاباً كاملاً في علم الفلك، محتوياً على أكبر عدد ممكن من الأرصاد السابقة له، بعد إحصائها وتحليلها ونقدها وإغنائها بنتائج أرصاده الخاصة المتعددة. وهذا ما سمح بالاطلاع على كثير من وثائق القرنين التاسع والعاشر للميلاد العلمية التي لم تعرف إلا بفضل استشهاداته بها في هذا الكتاب.

لا يوجد في هذا المؤلف إلا عدد قليل جداً من الاستدلالات النظرية. إنه زيج بالمعنى الحقيقي للكلمة، أي أنه مؤلف متمحور فقط حول تحضير جداول حركات الكواكب، مع حساب مختلف الوسائط وشرح طريقة استخدامها. إن دقة أرصاد ابن يونس، منذ أن وضعت نتائجها تحت تصرف العلماء بفضل الترجمة في بداية القرن التاسع عشر، قد استخدمت من قبل علماء معاصرين، على سبيل المثال من أجل معرفة أفضل للتسارع القرني للقمر.

٣ ـ البيروني

ولد البيروني في خوارزم سنة ٣٦٢ هـ/ ٩٧٣ م، وتوفي حوالى ٤٤٠هـ/ ١٠٤٨م في غزنة (الموجودة حالياً في أفغانستان). كان تلميذاً لأبي نصر منصور بن عراق الذي كان بدوره تلميذاً لأبي الوفاء البوزجاني. كان البيروني يعترف بصراحة، بهذين العالمين كأستاذين له. وقد عمل في ريّ مع الخجندي. وهكذا سهل عليه، بفضل هؤلاء الثلاثة أن يكون رياضياً وفلكياً نظرياً وراصداً في آن واحد.

ولد أبو الوفاء البوزجاني الذي كان رياضياً وعالم فلك في بوزجان سنة ٣٢٨هـ/ ٩٤٠م في إيران وتوفي في بغداد سنة ٣٨٨هـ/ ٩٩٨م. وقد تبع تقليد «مدرسة بغداد» في البحوث الفلكية، هذه المدرسة التي كثر نشاطها، كما رأينا، في القرن السابق، لأنه عمل في هذه المدينة، بعد أن أتم تحصيله العلمي في إطار تلك المدرسة. قام أبو الوفاء بأعماله الفلكية

(٥٣) حول نشر وترجمة الفصول الأولى من الكتاب إلى الفرنسية، انظر: Ibn Yūnus, *Le Livre de la grande table hakémite*, partiellement éditée et traduite en français par Caussin, édition séparée des «Notices et extraits des manuscrits de la bibliothèque nationale» (Paris: Imprimerie de la République, an XII (1804)).

في المرصد الكبير الذي بني تحت رعاية شرف الدولة، في حدائق القصر الملكي في بغداد. وأطلق على مؤلفه الرئيس في علم الفلك اسم **المجسطي**. لم يحفظ من هذا الكتاب إلا جزء يدور على الأخص حول مسائل حساب المثلثات، ذلك العلم الذي طوره أبو الوفاء كثيراً[٥٤]. لذلك نحن لا نعرف إلا القليل عن التطويرات التي أدخلها أبو الوفاء في علم الفلك النظري والتي كرس لها كتابه، ولكن البيروني أشار مرات عديدة إلى دراساته حول حركة الشمس وحول قيمة ثابتة مبادرة الاعتدالين[٥٥].

إن معلوماتنا عن «الأستاذ» المباشر للبيروني، أبي نصر منصور بن عراق، أقل من تلك التي نعرفها عن البوزجاني الذي كان أستاذه. نعرف أنه توفي سنة ٤٢٧هـ/ ١٠٣٦م في غزنة. وقد بقي لنا من أعماله، على الأخص، مؤلفات مهمة في علم المثلثات كتبها، جزئياً، بطلب من البيروني نفسه عندما كان يطرح الأسئلة حول نقاط معينة[٥٦]. أما الخجندي، المتوفى حوالى سنة ٣٩٠هـ/ ١٠٠٠م، فقد عمل كثيراً في مسألة آلات الرصد وألف فيها عدة كتب. وهو الذي كان المسؤول عن مشروع سدسية ري الكبيرة التي وصفناها في المقدمة.

أما البيروني فهو عالم عظيم، ألف ما يقرب من مئة وخمسين كتاباً في كل العلوم المعروفة في عصره، منها خمسة وثلاثون في علم الفلك البحت. وقد نقلت من هذه الأخيرة ستة كتب فقط. وتتضمن كتبه الأخرى، عن الهند وعن تسلسل الأحداث مثلاً، إشارات عديدة إلى مسائل فلكية. أما مؤلفه الكبير الشامل، في هذا الميدان، فهو **القانون المسعودي** الذي كتبه حوالى سنة ٤٢٦ هـ/ ١٠٣٥م، والحاوي على احد عشر جزءاً، في ١٤٨٢ صفحة حسب النشرة التي صدرت له[٥٧].

---

(٥٤) المخطوطة ذات الرقم Ar. 2494، في المكتبة الوطنية في باريس، فرنسا، كثيرة النواقص، وقد درسها: Le Baron Carra de Vaux, «L'Almageste d'Abū-l-Wéfā' Albūzdjānī,» *Journal asiatique*, 8ème série, tome 19 (mai - juin 1892), pp. 408 - 471.

وقد وضع مؤلف هذه الدراسة حداً لمجادلة أثارها سيديّو (L.A.M. Sédillot) حول اكتشاف أبي الوفاء لحركة تغير القمر، إذ بيّن أن النص لا يتعرض لهذه المسألة.

(٥٥) انظر: البيروني، **القانون المسعودي**، ص ٦٤٠ ـ ٦٧٧.

(٥٦) انظر: Julio Samsó, *Estudios sobre Abū Naṣr Manṣūr b. 'Ali b. 'Irāq* (Barcelona: [n. pb.], 1969).

(٥٧) انظر: D. J. Boilot, «L'Œuvre d'al - Bērūnī: Essai bibliographique,» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire*, vol. 2 (1955), pp. 161 - 256.



الصورة رقم (٢ ـ ٧)

أبو الريحان البيروني، **القانون المسعودي**

(القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية، ميقات ٨٦٦).

نرى في هذه الصورة عنوان كتاب البيروني الشهير في علم الهيئة، ويقسمه المؤلف إلى إحدى عشرة مقالة. ويلخص فيه كل أعمال سابقيه ويقوم بنقدها ثم يعيد تركيبها مضيفاً أرصاداً جديدة قام بها، تتفق مع استدلالاته. وهذا من أهم ما كتب في علم الهيئة في القرن الخامس الهجري/الحادي عشر الميلادي.

كانت الفارسية لغته الأم، أما لغة عمله الرئيسة فكانت العربية، كما كان على معرفة تامة بالسنسكريتية، إذ انه تعامل بها وقام بعدة ترجمات لنصوص علمية من السنسكريتية إلى العربية. وهكذا كان مطلعاً بشكلٍ مباشر على جميع مصادر علم الفلك الهندي التي كان يستند إليها باستمرار. وكان كذلكَ يرجع إلى المصادر اليونانية أو إلى أعمال سابقيه باللغة العربية. ولم يكن هؤلاء مطلعين، كما يظهر، بعد نقل النصوص السنسكريتية في أواخر القرن الثامن للميلاد، إلا على بعض النصوص الفلكية الهندية، أو على بعض الوثائق غير الأصلية، بينما كانت النصوص اليونانية أكثر انتشاراً. وهكذا استطاع البيروني أن يتناول كامل الإرث الفلكي الموجود في عصره من العالم اليوناني والعالم الهندي والعالم العربي. لذلك سعى، في كل أعماله، إلى البحث بدقة عن خلاصة شاملة له. سوف نتعرض، فيما يلي، لبعض النقاط التي تخص طريقة عمله، دون أن نسعى لتقديم مجموعة أعماله الفلكية بسبب الصعوبة الخاصة لتلك المهمة.

أعطى البيروني في الجزء الأول من **القانون المسعودي** بعض المبادىء العامة التي تخص علم الفلك، وعرض أسس علم التواريخ لدى الثقافات المختلفة، بما فيها الثقافة الصينية. عالج في الفصل الثاني موقع السماوات بالنسبة الى الأرض، فخلص إلى بحث افتراض دوران الأرض حول نفسها لتفسير الحركة اليومية[(٥٨)]. وقال إن أرياباتا وتلاميذه دافعوا، في الهند، عن هذه الفرضية، ولكنها متعارضة مع إحدى حجج بطلميوس التي تقول بأن دوران الأرض حول نفسها يمنع الأجسام في سقوطها الحر من الوقوع عمودياً على الأرض. أكد البيروني أن «عالماً كبيراً» (لم يذكر اسمه) ادعى أن حجة بطلميوس لا أساس لها من الصحة، لأن كل جسم أرضي يتحرك بحركة الدوران، على طول العمود الذي هو مساره خلال سقوطه. عرض البيروني هذه الحجة التي وجدها متماسكة، على ما يظهر. ثم عاد وراجع هذه المسألة فاهتم بالحركة الأفقية وحسب سرعة نقطة على الأرض في حال افتراض دوران الأرض حول نفسها، فاستنتج من ذلك أنه لا يمكن إلا أن تزاد هذه السرعة الكبيرة إلى الحركات الأخرى للأجسام الأرضية من الشرق إلى الغرب أو أن تنقص منها. وهذا ما لا يتحقق، فليس من الممكن إذن، بالنسبة الى البيروني، أن تكون للأرض حركة دوران حول نفسها.

تبع البيروني، بشكل عام، الخطة التالية في معالجة مسألة معينة من مسائل علم الفلك: يعرض أولاً بعض المبادىء العامة التي تخص المسألة المطروحة، ثم يبسط مختلف الحلول المقترحة من قبل العلماء الهنود وبطلميوس وعلماء الفلك العرب، محللاً وناقداً كل هذا استناداً على المبادىء العامة المعروضة في البداية. ثم يعرض، عند الاقتضاء، قائمةً

---

(٥٨) انظر: البيروني، المصدر نفسه، ص ٤٢ ـ ٥٣. انظر أيضاً: Shlomo Pines, «La Théorie de la rotation de la terre à l'époque d'al-Bīrūnī,» *Journal asiatique*, tome 244 (1956), pp. 301 - 306.

بأهم الأرصاد السابقة أو الأكثر تعبيراً عن الظاهرة التي هي قيد الدرس. ويصل أخيراً، بعد بيان أرصاده الخاصة، إلى اختيار أحد الحلول السابقة، أو إلى اقتراح حل شخصي معتمداً على كل ما سبق. لنأخذ مثلاً مسألة قابلية رؤية الهلال كما هي مبينة في كتابه **القانون المسعودي**(٥٩).

حركة الشمس هي موضوع الجزء السادس من هذا الكتاب. أما حركة القمر فهي موضوع الجزء السابع منه. ويعالج الجزء الثامن الظواهر القابلة للرصد التي تخص العلاقة بين حركة الشمس وحركة القمر، أي مسألة كسوف أحد هذين «النيرين» ومسألة قابلية رؤية الهلال. الفصل الثالث عشر من الجزء الثامن مخصص لدراسة السحر والغسق. يفسر فيه البيروني هاتين الظاهرتين على أنهما نتيجة لاقتراب الأفق من حد مخروط ظل الأرض الذي تحدثه الشمس. ويقول البيروني إن «علماء الفلك» ـ دون أن يذكر أسماء هؤلاء ـ حددوا بداية السحر صباحاً من جهة الشرق، أو نهاية الغسق في المساء غرباً، عندما يكون «قوس انحطاط الشمس تحت الأفق» مساوياً لـ 17 أو 18 درجة. ويعالج الفصل الرابع عشر قابلية رؤية الهلال، وهذا ما سنفصله فيما يلي:

المبادىء العامة: إن قدرة البصر على رؤية الهلال تتعلق بعدة عوامل هي: **أولاً**: مسافة القمر إلى الشمس التي تحدد الجزء المضاء من سطح القمر، **ثانياً**: مسافة الأرض إلى القمر التي ترتبط بها الضيائية الظاهرة للجزء المضاء من القمر، **ثالثاً**: ضيائية الجو على الأفق المتعلقة بميل فلك البروج على الأفق، أي بمكان الشمس على فلك البروج وبعرض المكان في نفس الوقت، **رابعاً**: مسافة مكان أفول القمر على الأفق من «نقطة الأفق الأكثر إشراقاً»، أي من الخط العمودي لمكان الشمس تحت الأفق(٦٠).

ويستنتج البيروني مما سبق أنه يجب أخذ جميع هذه الوسائط بعين الاعتبار وبكل عناية.

الحلول السابقة له: لم يدرس بطلميوس هذه المسألة لأن مشكلة رؤية هلال القمر لم تكن تثير الاهتمام في ميدانه الثقافي. اعتمد أربعة من علماء الفلك العرب السابقين للبيروني، وهم الفازاري، يعقوب بن طارق، الخوارزمي، والنيريزي، على طريقة هندية. فقد أخذوا الفترة الفاصلة بين وقت غروب الشمس ووقت أفول القمر كمعيار لرؤية الهلال. ولكن هذا المعيار غير صالح لأنه لا يسمح بأخذ ميل فلك البروج على الأفق بعين الاعتبار. غير أن النيريزي فاق الثلاثة الآخرين قليلاً لأنه، وخلافاً لهم، أخذ بعين الاعتبار تصحيح اختلاف منظر القمر. أما البتاني فقد أدخل في معياره في آن واحد، بعد

---

(٥٩) انظر: البيروني، المصدر نفسه، ص ٩٥٠ ـ ٩٦٥.

(٦٠) انظر الشكل رقم (٢ ـ ٣) والاستدلال المرتكز عليه، مع مختلف الطرق التي شرحت فيه. لنلاحظ أن البيروني لم يكن على علم، وهذا بديهي، بطريقة ثابت بن قرة، المشروحة أعلاه، التي تتناول ثانية، كل الوسائط المذكورة بشكل أكمل مما تسمح به طريقة حبش.

عدة تصحيحات، المسافة بين الشمس والقمر على خط الاستواء وعلى فلك البروج. ولكنه لم يحسب حساب ميل فلك البروج على الأفق بشكل كافٍ. وأخيراً اتخذ حبش الحاسب «قوس انحطاط الشمس تحت الأفق» كمعيار رئيسي، وهذا الوسيط لا يمكن حسابه إلا بالاستناد على كل الوسائط الأخرى.

النتيجة: لا يعطي البيروني حلاً شخصياً، بل يتبنى طريقة حبش الحاسب. ثم يختم الفصل بشرح طريقة العثور على هلال القمر على الأفق بواسطة أنبوب الرصد الذي وصفناه في المقدمة.

لقد درست مسألة حركة الشمس عند البيروني من قبل و. هارتنر (W. Hartner) وم. شرام (M. Schramm)[٦١]. نجد في هذه الدراسة كل مراحل الخطة السابقة، مع ذكر عدد كبير من أرصاد الشمس وأرصاد البيروني الخاصة في نفس الوقت. ونجد كذلك دراسة رياضية للحركة الظاهرية على فلك خارج المركز، شبيهة بدراسة ثابت ابن قرة التي عرضناها سابقاً. وقد حلل البيروني نتائج المؤلفين الذين سبقوه ونقدها، ثم وضح بشكل نهائي حركة أوج الشمس، وأعاد حساب كل الوسائط وكتب جداول حركتها.

لم يحدث البيروني، بعملٍ من هذا النوع في علم الفلك، ثورةً على النظام الفلكي الكلي الذي تلقاه، لأنه بقي متمسكاً بنظام أفلاك التدوير والأفلاك الخارجة المراكز كما حددها بطلميوس. ولكنه راجع كل شيء بالتفصيل، متابعاً، على سبيل المثال، حركة ترييض علم الفلك التي بدأها ابن قرة قبله[٦٢] بقرن ونصف من الزمان، ومظهراً بشكل إجمالي دقيق الحالة الفعلية لهذا العلم بكل فروعه في ذلك العصر. إن هذا العمل، إذا أمكن القياس، مشابه للعمل الذي أنجزه بطلميوس قبل البيروني بثمانية قرون في **المجسطي** والذي هدف إلى إعداد دقيق لطريقة علمية، ولكن دون ابتكار كلي مهم، مستعيناً بكل أعمال من سبقه وبالأدوات الرياضية التي كانت تحت تصرف علماء الفلك في عصره.

هكذا أنجز البيروني بمهارة هذا العرض الشامل الذي ختم الفترة الأولى لعلم الفلك العربي. وقد بقي هذا العلم في تلك الفترة ضمن الإطار العام الذي وضعه بطلميوس. بعد ذلك جاء ابن الهيثم الذي عاصر البيروني وبدأ بكسر هذا الإطار، وهذا لم يكن ممكناً لولا عمل البيروني الدقيق.

---

(٦١) انظر: W. Hartner and M. Schramm, «Al-Bīrūnī and the Theory of the Solar Apogee: An Example of Originality in Arabic Science,» in: *Scientific Change* (London: Heinemann, 1963), pp. 206 - 218.

(٦٢) حول تعقيد طرق الاستكمال التي استخدمها البيروني في استعمال الجداول، انظر: Roshdi Rashed, «As-Samaw'āl, al-Bīrūnī et Brahmagupta: Les Méthodes d'interpolation,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 1 (1991), pp. 101 - 160.

ـ ٣ ـ

نظريات حركات الكواكب في علم الفلك العربي بعد القرن الحادي عشر

جورج صليبا(*)

لقد اتخذنا، في هذا الفصل، القرن الحادي عشر كنقطة انطلاق لدراستنا حول علم الفلك العربي، وذلك لعدة أسباب. السبب **الأول** هو أن علم الفلك العربي توصل في القرن الحادي عشر إلى أن «يتأقلم» بشكل نهائي في البيئة الإسلامية وأخذ يظهر بالأشكال التي تطلبتها منه تلك البيئة. فقد ظهرت عدة أعمال انطوت على نتائج مبتكرة، لم تكن تكراراً للمسائل التي كانت تناقش في التراث الفلكي اليوناني. هذا الإنتاج الجديد في البحوث الفلكية كان يرتكز مباشرة على أعمال عدة فلكيين عاشوا في منعطف القرن السابق، كأبي سهل القوهي، وأبي الوفاء البوزجاني، والبيروني، ومنصور بن نصر بن عراق وغيرهم. ويمكننا، من ناحية أخرى أن نعتبر هذا الإنتاج استكمالاً لأعمال كل من حبش الحاسب، وثابت بن قرة والخوارزمي وغيرهم ممن سبقهم من علماء القرن التاسع للميلاد.

والسبب **الثاني** لاختيار القرن الحادي عشر كنقطة انطلاق هو أن هذا القرن شهد أيضاً ظهور مجموعة من الأعمال التي تجلى فيها اهتمام حقيقي بالأسس الفلسفية لعلم الفلك اليوناني. وقد تكونت نتيجة لذلك مدرسة جديدة من المؤلفين، في المواضيع الفلكية، الذين كرسوا جهودهم بشكل أساسي لإظهار المشاكل التي انطوت عليها النظريات الفلكية اليونانية. ويجب أن نذكر هنا أعمال ابن الهيثم في **الشكوك**، وأبي عبيد الجوزجاني في

(*) أستاذ في جامعة كولومبيا ـ الولايات المتحدة الأمريكية.
قام بترجمة هذا الفصل بدوي المبسوط.

تركيب الأفلاك، وعالم الفلك الأندلسي المجهول الهوية في كتاب **الاستدراك**. ولقد تناول، بعد ذلك، المسائل التي أثارها هؤلاء العلماء الفلكيون، كل من العرضي والطوسي وقطب الدين الشيرازي وابن الشاطر. وقد شكل هؤلاء العلماء الأربعة ما يعرف الآن بـ «مدرسة مراغة»، إذ إن العلماء الثلاثة الأول قد عملوا في المرصد الذي بناه العاهل الإيلخاني هولاكو سنة ١٢٥٩م في مدينة مراغة الواقعة في شمال غرب بلاد إيران الحالية. وإذا أخذنا بعين الاعتبار أعمال هؤلاء فقط، لاستطعنا أن نشير إلى أن القرن الثالث عشر، القرن الذي عاش فيه هؤلاء الثلاثة، شهد قيام ثورة حقيقية في البحوث الفلكية، كما شهد تغييراً جذرياً في المواقف إزاء مسلمات علم الفلك. كما نستطيع القول إن نضج هذا التيار العلمي، الذي نشأ في القرن الحادي عشر، تكامل خلال القرن الثالث عشر، وبلغ أوجه مع أعمال ابن الشاطر في القرن الرابع عشر. لكنه تواصل أيضاً خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر، إذا ما أخذنا بعين الاعتبار أعمال علاء الدين القوشجي (١٤٧٤م)، تلميذ ألغ بك، وكتاب **الهيئة المنصورية** لمنصور بن محمد الدشتاكي (١٥٤٢م) الآتي ذكرهما.

وإذا اعتبرنا أن هذا النوع من الكتابات كان يشكل الدافع الرئيسي للأبحاث الفلكية، بعد القرن الحادي عشر، فعلينا أن نسلم، من وجهة النظر هذه، بأن أعمال عالم كجمشيد بن غياث الدين الكاشي في القرن الخامس عشر، خصوصاً في كتابه **الزيج الخاقاني**، كانت تشكل عودة إلى التقليد القديم الذي كان قد تمثل في أعمال مثل أعمال الخوارزمي والبيروني. وذلك أن الاهتمام في هذه الأعمال الأخيرة كان ينصب على الحسابات الرياضية ولا يتمحور أبداً حول النظريات الفلسفية.

أما العلماء الآخرون الذين برزوا خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر، مثل أبي علي البرجندي، فقد حملوا على عاتقهم، كما يبدو، كتابة شروحات للأعمال السابقة، ولأعمال الطوسي خاصة. ولم ينتج هؤلاء كثيراً من الأعمال الجديدة التي يمكن أن تدرج في نتاج هذه المدرسة أو تلك. أما أعمال بعض العلماء الآخرين مثل **ملخص الجغميني والهيئة الفتحية** للقوشجي، فإنها كانت حقاً على مستوى ابتدائي. وإذا اقتصرنا على هذين الكتابين فقط، فإنا نستطيع القول بأن هذين العالمين لم يقدرا على فهم المنحى الإبداعي الذي أتت به مدرسة مراغة.

سنبين، فيما يلي، أن أعمال علماء مدرسة مراغة لم تشكل فقط نتاجاً مبتكراً في علم الفلك الرياضي، بل انها طبعت أيضاً بطابعها البحوث الفلكية اللاحقة، خصوصاً في الغرب اللاتيني. وقد تكون على الأرجح هي التي أرست قواعد الفلك الكوبرنيكي نفسها.

سنعرض في هذا الفصل المسائل التي تمحورت حولها أعمال هذه المدرسة الجديدة بشكل خاص. وسنناقش بعد ذلك الحلول المختلفة التي اقترحها عدد من المؤلفين.

وسنختم هذا الفصل بتحليل العلاقات التي يمكن أن تربط هذه الحلول المقترحة بدراسات كوبرنيكوس الفلكية.

أولاً: الإشكالات

تضمنت هيئات الأفلاك البطلمية الواردة في كتابي بطلميوس **المجسطي والاقتصاص** مشاكل عديدة، نذكر منها فيما يلي تلك التي كانت تعتبر مهمة: (١) مشكلة المحاذاة، (٢) مشكلة ميل وانحراف فلكي عطارد والزهرة، (٣) مشكلة معدل المسير في هيئة الكواكب العليا، (٤) مشكلة توافق أبعاد الكواكب على اعتبار أنها مرصوفة ضمن طبقات كروية يحتوي بعضها البعض[1]. ويمكن أن نضيف على هذه القائمة مشاكل أخرى غيرها، خاصة إذا اعتبرنا بشكل جدي القوائم المختلفة التي تم جمعها خلال القرون المتأخرة، كالقائمة المنسوبة لمحمد بن القاسم المشهور بالأخوين والتي ترقى إلى السنين الأخيرة من القرن الخامس عشر وأوائل سني القرن السادس عشر. وسنورد فيما يلي قائمة بالمشاكل ـ المسماة «الإشكالات» ـ التي عولجت في رسالة الأخوين، وذلك كمثل نموذجي للدراسة الشاملة التي لقيتها هذه الإشكالات.

فالإشكالات الواردة في علم الفلك تصنف على رأي الأخوين على النحو التالي:

الإشكال الأول يتعلق بالسرعة والبطء والتوسط وهي الحركات التي لا تليق بالفلكيات البسيطة، والتي تتطلب حلاً خاصاً. ففي حالة الشمس مثلاً، يمكن حل هذا الإشكال بشكل سهل، إذا ما اعتمدنا أصل الفلك الخارج المركز أو أصل فلك التدوير.

الإشكال الثاني يتعلق بمظاهر بعض الكواكب، إذ إن أحجامها تبدو في بعض الأحيان أعظم من أحجامها في أحيان أخرى. هذا الإشكال يتضمن مثلاً تعليل كسوف الشمس الكامل عندما تكون الشمس في وسط حركتها الأكثر بطئاً، في حين أن هذا الكسوف يكون حلقياً فقط عندما تكون الشمس في الجهة المقابلة من مدارها حيث تكون حركتها أكثر سرعة، مع العلم بأن الشمس تكون محتجبة وراء جرم ثابت الحجم وهو القمر. ويمكن حل هذا الإشكال تبعاً للهيئة المتبناة لحل الإشكال الأول. فإذا اعتمدنا مثلاً أصل الفلك الخارج المركز يسهل تصور أن الشمس تبدو أصغر حجماً عندما تكون على الفلك الخارج المركز في الجزء الأكثر بعداً، وأكبر حجماً في الجزء الأكثر قرباً.

الإشكال الثالث يتعلق بظاهرات الوقوف والرجوع والاستقامة للكواكب، وهي ظاهرات تتناقض مع الانتظام المفترض لحركات الكواكب. وهنا أيضاً، يمكن أن ينحل

---

(١) لعرض كامل لهذه المشاكل وحلولها المقترحة انظر المناقشة المعمقة التالية.

هذا الإشكال بتبني أصل فلك التدوير الذي نستطيع بواسطته أن نعلل تلك الظاهرات الثلاث دون أن يتعارض ذلك مع المبادىء العامة القائلة بأن الحركات الذاتية للأجرام السماوية هي حركات دائرية مستوية.

وهكذا يمكن حل المشاكل الثلاثة التي أشرنا إليها تبعاً للأصول التي كان بطلميوس قد أوردها في كتاب **المجسطي**، وذلك دون إدخال أي شرط مناقض للمبادىء العامة.

الإشكال الرابع هو كون الحركة مستوية حول نقطة هي غير مركز مدار محركها. وهذه هي المشكلة العامة المسماة إشكال معدل المسير. وهي تعم جميع هيئات أفلاك الكواكب، وتدخل بشكل خاص في هيئة أفلاك القمر حيث تكون حركة القمر مستوية حول مركز الأرض وليس حول مركز الفلك الحامل.

لقد أدى هذا الإشكال إلى الكثير من البحوث لأنه بدا وكأنه يشير إلى تناقض في الهيئات البطلمية، بين الفرضيات الفيزيائية والفرضيات الرياضية. وسنورد فيما بعد، وبتفصيل مسهب، الحلول المختلفة التي اقترحت لحل هذا الإشكال.

الإشكال الخامس يقع عند كون الحركة مستوية حول نقطة مع القرب والبعد عنها. وقد تطلب حل هذا الإشكال استخدام مبرهنة رياضية ـ تعرف اليوم باسم «مزدوجة الطوسي» ـ أصبحت جزءاً مكملاً لأغلب الأبحاث الفلكية التالية لاكتشافها.

الإشكال السادس ينجم من ضرورة انحراف قطر كرة متحركة عن مركز الكرة الحاملة المحركة. سوف نوضح هذا الإشكال عند شرح إشكال المحاذاة الذي أشرنا إليه سابقاً. أما هنا، فنشير فقط إلى أن هيئة أفلاك القمر التي اقترحها بطلميوس هي أبرز مثل لهذا الإشكال.

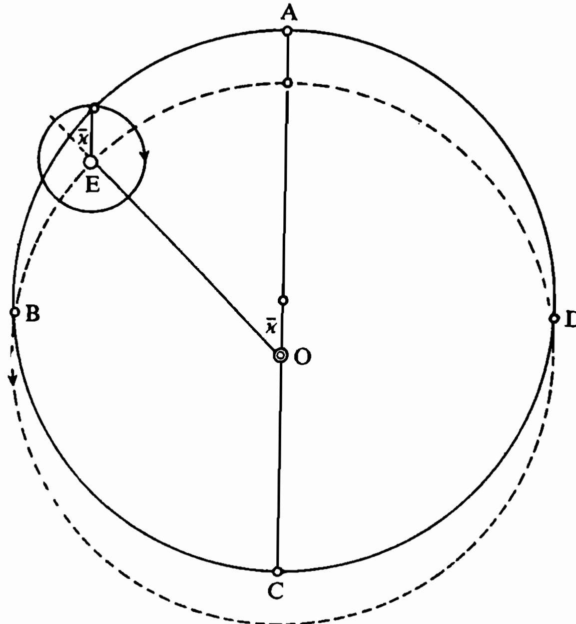
الإشكال السابع يحدث من عدم إتمام الدورة في حركة الأفلاك السماوية. وأفضل مثال يوضح هذا الإشكال هو ما ورد في حركة أقطار تداوير الكواكب السفلية حسب الهيئات البطلمية لهذه الكواكب في العرض. وهذا الإشكال هو أيضاً إشكال الميل والانحراف الذي أشرنا إليه سابقاً.

ثانياً: نظرية بطلميوس حول حركة الكواكب في الطول

سنبدأ بعرض سريع لنظرية بطلميوس حول حركة الكواكب، وذلك لكي نستطيع تقدير أهمية هذه المشاكل وطبيعة الحلول والانتقادات التي وجهت إليها.

١ ـ حركة الشمس

يصف بطلميوس حركة الشمس في الكتاب الثالث من **المجسطي**، تبعاً لأحد الأصلين وهما أصل الفلك الخارج المركز وأصل فلك التدوير. وكان أبولونيوس(٢) قد أقام البرهان على تكافؤ هذين الأصلين. فاقتبس بطلميوس هذا البرهان وجعله جزءاً مكملاً للمفاهيم الواردة في **المجسطي**. ففي الشكل رقم (٣ ـ ١)، يوجد الراصد على النقطة O مركز فلك



الشكل رقم (٣ ـ ١)

البروج. ويمكن أن نتصور أن الشمس تتحرك على الفلك الخارج المركز ABCD بسرعة مستوية بحيث تبدو للراصد القائم على الأرض وكأنها تجري بسرعة عندما تكون في النصف الأسفل BCD من الفلك الخارج المركز، وببطء عندما تكون في القسم الأعلى DAB ـ وبالطبع تبدو سرعتها الدنيا وهي على نقطة الأوج A ـ ويمكن أن توصف حركتها

(٢) Otto Neugebauer, «The Equivalence of Eccentric and Epicyclic Motion According to Apollonius,» *Scripta Mathematica*, vol. 24 (1959), pp. 5 - 21,

وقد أعيد نشره في: Otto Neugebauer, *Astronomy and History: Selected Essays* (New York: Springer - Verlag, ©1983), pp. 335 - 351.

بشكل مكافىء وكأنها تجري على فلك تدوير مركزه E بالاتجاه المخالف لتوالي البروج (أي باتجاه السهم المبين على الشكل والذي نسميه هنا الاتجاه «المخالف للتوالي» أو «المتقدم» ونسمي الاتجاه المضاد اتجاه «التوالي»)[٣]. بينما يتحرك مركز فلك التدوير E نفسه على دائرة موافقة المركز (وهي الدائرة المرسومة بالخط المتقطع في الشكل) بحركة مساوية بالقدر، مختلفة في الاتجاه، لحركة فلك التدوير. وهكذا تكون الحركة الناتجة في الحالة الثانية، هي، بالطبع، نفس الحركة الناتجة عن أصل الفلك الخارج المركز. إن أفضل وصف لتكافؤ هذين الأصلين، والحركتين الناتجتين عنهما، هو الذي جاء مسهباً في الفصل الثالث من المقالة الثالثة من **المجسطي**.

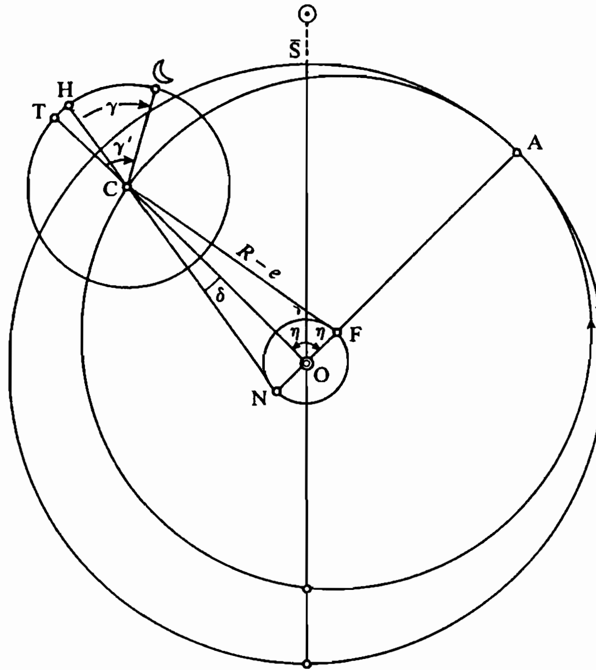
قد يبدو لغير المتخصص أن حركة الشمس تتضمن تناقضاً مع المبادىء الأساسية للحركة المستوية. إلا أن شرح بطلميوس لهذه الحركة، بواسطة الأصلين المشار إليهما، بدا مرضياً تماماً، إذ إن كل الحركات كانت تحدث حقاً حول مركز كرة معينة، حتى ولو كان هذا المركز مغايراً لمكان الراصد حسب أصل الفلك الخارج المركز، فإنه مطابق له في أصل فلك التدوير. وهكذا يمكن تركيب الحركة من حركات مستوية تحدث حول مراكز أُكَر، فتكون بالتالي موافقة للمبادىء الأساسية.

٢ ـ حركة القمر

أما في حالة القمر، فالوضع يختلف تماماً لأن حركته أكثر تعقيداً من حركة الشمس. لقد حاول بطلميوس في أول الأمر، في المقالة الرابعة من **المجسطي**، تطبيق هيئة إبرخس التي هي، بشكل أساسي، امتداد لهيئة الشمس، لكن تبين له بسرعة أن هذه الهيئة لا تفي بالمطلوب إذ إنها لم تنبىء بجميع حركات القمر بشكل صحيح. لذلك تبنى بطلميوس في آخر الأمر، في المقالة الخامسة من **المجسطي**، وبعد بحث مطول بدا كأنه تغيُّر في الرأي،

(٣) لوصف اتجاه الحركة والمسائل المتعلقة بها، انظر: Ptolemy, *Ptolemy's Almagest*, translated and annotated by G. J. Toomer (New York: Springer - Verlag, 1984), pp. 20 and 221, حيث يقول إن النقطة التي تدور بـ «اتجاه عقارب الساعة» تكون «متقدمة [أي بالاتجاه المخالف] بالنسبة لتوالي البروج». أما الفلكيون العرب فقد وصفوا هذه الحركة على أنها «قُدُماً»، وذلك لأنهم تبعوا الإغريق في توهم الكواكب الكائنة على مدار فلك البروج على أشكال حيوانات كالحمل والثور والتوأم والسرطان... الخ... وأنها تطلع على هذا التوالي فوق أفق المشرق، وتدور كلها دورة واحدة كل يوم من المشرق إلى المغرب. فلما كان الحمل دائماً أمام الثور تكون الحركة قدماً، أيْ نحو الأمام بالنسبة لصورة البرج، عندما تكون من جهة الثور نحو الحمل. ولكن تلك الجهة هي عكس الجهة التي طلعت بها هذه البروج، فلذلك سميت «على خلاف التوالي». وبالطبع فجهة التوالي هي جهة الحركة من الحمل نحو الثور والتوأم والسرطان... الخ، وهي أيضاً جهة حركات الكواكب التي تسمى أحياناً أيضاً من المغرب نحو المشرق. سوف نستخدم في هذا الفصل إصطلاح الحركة هذا كما ورد في النصوص العربية القديمة، أي «على التوالي» و«على خلاف التوالي».

هيئة معقدة لوصف جميع حركات القمر(٤). ففي الشكل رقم (٣ ـ ٢) يفترض الراصد على



الشكل رقم (٣ ـ ٢)

مركز فلك البروج O. ولنفرض أن كرة شاملة، تسمى فلك الجوزهر، تدور بحركة مستوية إلى خلاف التوالي حول مركز العالم، وتحمل معها أوج الفلك الحامل المشار إليه بالنقطة A. أما الفلك الحامل نفسه فيدور بالاتجاه المخالف حول مركزه F، بحيث تبقى الزاويتان SOA وSOC، متساويتين ومتقابلتين. وهكذا يحدث بشكل واضح الإشكال الرابع من إشكالات الأخوين المشار إليها سابقاً. إذ إنا نرى الفلك الحامل يدور بحركة غير مستوية حول مركزه F، بينما يدور بحركة مستوية حول نقطة أخرى هي O. ويفترض في هذه الهيئة أن C، مركز فلك التدوير الذي يحمل القمر L، يدور باتجاه التوالي. أما القمر نفسه فيدور بحركة فلك تدويره إلى خلاف التوالي. وتقاس حركة خلاف التوالي هذه من الخط الخارج من نقطة N ـ وهي النقطة المسماة نقطة المحاذاة المقابلة قطرياً للنقطة F بالنسبة الى مركز العالم ـ

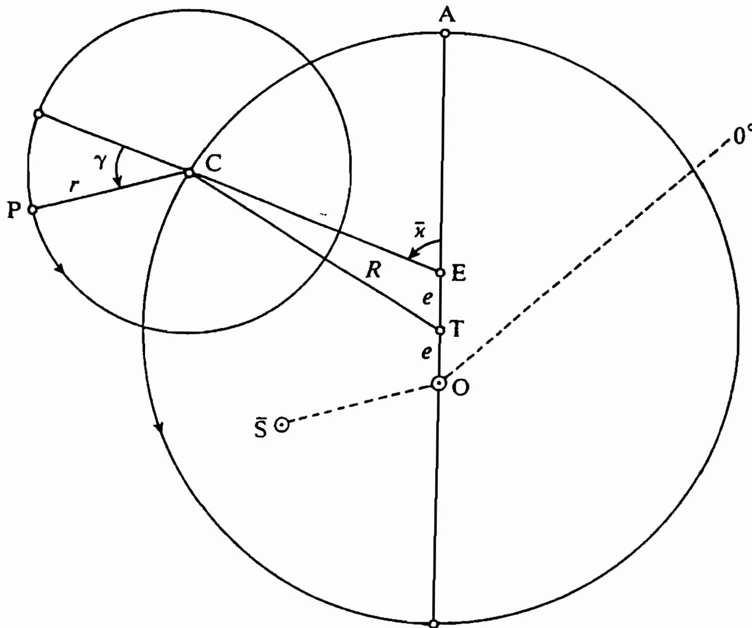
(٤) انظر مثلاً: Viggo M. Petersen, «The Three Lunar Models of Ptolemy,» *Centaurus*, vol. 14, no. 1 (1969), pp. 142 - 171; Olaf Pedersen, *A Survey of the Almagest*, Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 30 (Odense: Odense Universitetsforlag, 1974), pp. 167 - 195, and Otto Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 1, 3 vols. (New York: Springer - Verlag, 1975), pp. 68 ff.

والممتد إلى مركز فلك التدوير C، والمنتهي إلى نقطة الذروة الوسطى H على محيط فلك التدوير. ولما كانت النقطة N دائمة الحركة لكي تبقى أبداً مقاطرة لنقطة F المتحركة، فإنها نقطة غير ثابتة ومع ذلك تقاس حركة القمر ابتداءً منها، مما يؤدي إلى إشكال المحاذاة المشار إليه سابقاً.

وخلاصة ما تقدم أن على المرء أن يقبل في هيئة بطلميوس لحركة القمر تناقضات تنشأ عنها مشاكل خطيرة. وذلك أن الأفلاك السماوية كانت متصورة كأنها كرات حقيقية صلبة (مصمتة)، فيستحيل أن تتحرك هذه الأفلاك بحركة مستوية حول مراكز غير مراكزها الذاتية، أو أن تقاس حركاتها بالنسبة الى نقاط متحركة لا تصلح أن تكون مبدأ لحركات مستوية. لقد تمحورت حول هاتين النقطتين جميع الانتقادات التي وجهت إلى الهيئات البطلمية، وكل التعديلات التي أضيفت إليها.

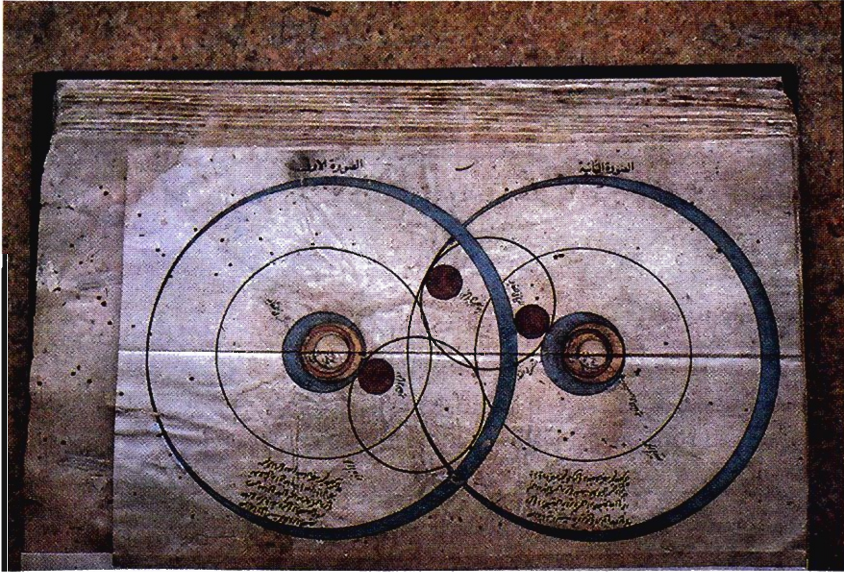
٣ ـ حركات الكواكب العليا (زحل والمشتري والمريخ) وكوكب الزهرة

إن حركات الكواكب العليا، كما تصورها بطلميوس، أكثر بساطة من حركات القمر. وهي تتضمن العناصر التالية: يفترض الراصد، حسب الشكل رقم (٣ ـ ٣)،



الشكل رقم (٣ ـ ٣)

على النقطة O. وتفترض النقطة T مركزاً للفلك الحامل الذي يحمل فلك التدوير ويديره على التوالي. أما فلك التدوير نفسه، فإنه يدور على التوالي حول مركزه C. ويتحرك الكوكب P إلى التوالي بحركة فلك تدويره، وهي حركة مستوية تقاس بزاوية تسمى خاصة الكوكب. أما مبدأ حركة الخاصة هذه فيقاس من امتداد الخط الخارج من مركز فلك التدوير C والمتصوب نحو النقطة E، التي تقع على الخط المار بالمراكز OTA، بحيث يكون بعدها عن مركز الفلك الحامل T، كبعد مركز الفلك الحامل عن مركز العالم O.



الصورة رقم (٣ ـ ١)

نظام الدين النيسابوري، **توضيح التذكرة لنصير الدين الطوسي**

(الهند، مخطوطة رامبور، ٣٧١٦).

لقد شُرح أكثر من مرة كتاب نصير الدين الطوسي في علم الهيئة، المسمى بالتذكرة، ونجد هنا شرحاً متأخراً حول مدارات المريخ.

المشكلة في هذه الهيئة تكمن في حركة الفلك الحامل. وذلك أن الحامل، حسب وصف بطلميوس له، يحرك فلك التدوير إلى التوالي. غير أن مركز فلك التدوير C يقطع أقواساً متساوية في أوقات متساوية ليس حول مركز حامله T بل حول نقطة أخرى E التي

تسمى نقطة معدل المسير. وهكذا فإن بطلميوس الذي يفترض في كتاب **الاقتصاص** أن الفلك الحامل كرة حقيقية طبيعية، يجبر هذا الفلك أن يدور بحركة مستوية حول مركز مغاير لمركزه. بكلام آخر، إن هذا الوضع يتطلب أن تتحرك هذه الكرة بحركة مستوية على محور لا يمر بمركز تلك الكرة، وهذا محال.

٤ ـ حركة عطارد

نظراً لصعوبة رصد عطارد، بسبب قربه من الشمس وبسبب حركته السريعة نسبياً، تتضمن هيئة بطلميوس الخاصة بهذا الكوكب حركات كثيرة التعقيد لا يمكن إدراجها ضمن الهيئات التي اقترحت حتى الآن. زد على ذلك أن هذا الكوكب يتميز عن باقي الكواكب، إذ كان ينسب لمداره حضيضان بدلاً من حضيض واحد كما كانت الحال في الكواكب الأخرى. وكان يفترض في هذين الحضيضين أن يقعا على نقطتين متناظرتين بالنسبة الى الخط المار بالمراكز بحيث تبعد كل واحدة منهما عن نقطة الأوج بمقدار 120 درجة.

يمكن أن توصف حركة عطارد، بالنسبة الى راصد على مركز العالم O على الشكل التالي(٥): لنأخذ، حسب الشكل رقم (٣ ـ ٤)، فلكاً شاملاً شبيهاً بفلك جوزهر القمر. ولنفرض أنه يتحرك على خلاف التوالي حول المركز B، بحيث يحرك معه أوج الفلك الحامل. لنفرض أن هذا الأوج يقع على امتداد الخط BG، وأن الفلك الحامل نفسه يدور باتجاه التوالي حول مركزه G، ويحمل معه مركز فلك التدوير C، بحيث يجعل زاوية AEC مساوية دائماً لزاوية ABG. أما فلك التدوير فيدور هو أيضاً باتجاه التوالي حول مركزه C، ويحرك معه الكوكب M، في حركته الخاصة التي تقاس انطلاقاً من امتداد الخط EC. وهذا ما يمكّن مركز فلك التدوير C من أن يقترب من الأرض ـ أي أن يبلغ الحضيض ـ مرتين في كل دورة، وذلك عندما تكون الزاوية ABG مساوية لـ 120 درجة ولـ 240 درجة تقريباً. وفي هاتين الحالتين يمر الخط GC بالنقطة E. وبما أن مبدأ زاوية الخاصة الوسطى يكون دائماً من امتداد الخط EC، فإن النقطة E تلعب دور نقطة معدل المسير في هيئة كوكب عطارد، وهو تماماً الدور الذي لعبته في هيئات الكواكب العليا.

---

(٥) للعرض الهندسي لهيئة عطارد في كتاب المجسطي، انظر: Ptolemy, Ibid., pp. 444 - 445, and Claudius Ptolemaues, *L'Almageste,* traduction française par N. Halma (Paris: [s. n.], 1813 - 1816), réimprimé (Paris: Hermann, 1927), tome 1, pp. 160 - 162.

الشكل رقم (٣ ـ ٤)

وهكذا يظهر بوضوح أن هيئة عطارد تتضمن مشاكل مشابهة لتلك التي رأيناها في هيئتي القمر والكواكب العليا. لنأخذ مثلاً الآلية المقترحة هنا، والتي يتحركُ الفلك الحامل بواسطتها باتجاه معين، حول مركز مغاير لمركزه، بينما يتحرك هو نفسه حول مركزه الخاص به بالاتجاه المقابل. إن هذه الآلية مشابهة تماماً لتلك التي تم استخدامها سابقاً في هيئة القمر. إن الفارق الرئيسي بين هاتين الهيئتين هو أن مبدأ زاوية الخاصة الوسطى كان في حالة القمر من امتداد الخط المار بنقطة المحاذاة المتحركة N، بينما تكون النقطة المشابهة في هيئة عطارد ثابتة في منتصف الخط OB، وتلعب دور مركز معدل المسير الثابت الشبيه بالدور الذي لعبته في حالة الكواكب العليا. ويفترض في كلتا الحالتين أن يتحرك الفلك الحامل حول مركزه الخاص به حركة غير مستوية، في حين أن حركته المستوية تتم حول نقطة أخرى، هي مركز العالم في حالة القمر، ونقطة معدل المسير E في حالة عطارد.

فلا عجب إذاً أن تكون الاعتراضات التي أثيرت حول هيئة بطلميوس للقمر ـ وخاصة تلك التي تتعلق بنقطة المحاذاة ـ وحول هيئة الكواكب العليا ـ وخاصة تلك التي تتعلق بمركز معدل المسير ـ هي عينها التي أثيرت أيضاً حول هيئة بطلميوس لفلك عطارد. وذلك لأن هذه الهيئة الأخيرة بدت وكأنها تجمع بين سيئات الهيئتين السابقتين.

ثالثاً: حركة الكواكب في العرض

إن العرض السابق للهيئات التي اقترحها بطلميوس للكواكب يفترض أن قدر حركة الكواكب في العرض لا يحس به، أو أنه، إذا وجد، لا يؤثر على حركة الكواكب في الطول، وهذا غير صحيح. الواقع هو أن الكواكب نادراً ما ترى في سطح فلك البروج حيث تقاس حقاً حركة الكواكب الطولية، وقد يكون للجزء العرضي من الحركة تأثير ملموس في بعض الأحيان، وعندها يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار. ولكن هذا الجزء العرضي كان يعتبر، حسب منهج بطلميوس التقليدي، مجرد تصحيح لحركة الكوكب في الطول، وعليه فقد عولج في فصل مستقل بذاته.

لقد وردت في كتاب **المجسطي** ثلاث هيئات مختلفة لوصف حركات الكواكب في العرض، ألا وهي: هيئة القمر، هيئة الكواكب العليا زحل والمشتري والمريخ، وهيئة الكواكب السفلى الزهرة وعطارد. وهذا الترتيب هو أيضاً ترتيب هذه الهيئات حسب مستوى التعقيد المتزايد فيها.

١ ـ عرض القمر

تتميز هيئة القمر بالبساطة لأن سطح مدار القمر يمر بالأرض، وبالتالي فإن حساب عرض القمر بالنسبة الى الراصد القائم على الأرض يكون قليل الصعوبة. وفي الواقع، إن ميل سطح مدار القمر الثابت بالنسبة الى سطح فلك البروج، وكون الراصد قائماً على مركز فلك البروج، يجعلان حساب عرض القمر شبيهاً جداً بحساب ميل الشمس بالنسبة الى سطح معدل النهار.

ولما كان ميل سطح مدار القمر ثابتاً بالنسبة الى منطقة فلك البروج، بقدر قريب من خمس درجات، فإن العرض الأقصى للقمر قد يبلغ هو أيضاً حوالى خمس درجات. وهذا ما تؤكده الأرصاد بالفعل. ولكن الأرصاد أثبتت أيضاً من جهة أخرى، أن عرض القمر لا يصل دائماً إلى حده الأقصى في مكان معين من منطقة البروج، بل يبدو وكأنه ينتقل من مكان إلى آخر حول هذه المنطقة. وإذا أضفنا إلى ذلك أن الكسوفات الشمسية تقع هي أيضاً في أماكن مختلفة من منطقة البروج، نستنتج أن خط التقاطع بين سطحي مدار القمر ومنطقة البروج، أي خط العقدتين، هو أيضاً متنقل. وهذا لا يمكن أن يحدث إلا إذا تصورنا أن هناك فلكاً شاملاً يحيط بجميع أفلاك القمر الأخرى ويديرها كما يدير أيضاً منطقة الفلك الحامل للقمر حسب تعبير بطلميوس. ويسمى هذا الفلك الشامل «الفلك الممثل»، أو «فلك الجوزهر»، ويفترض به أن يتحرك بحوالى ثلاث دقائق في اليوم الواحد على خلاف التوالي.

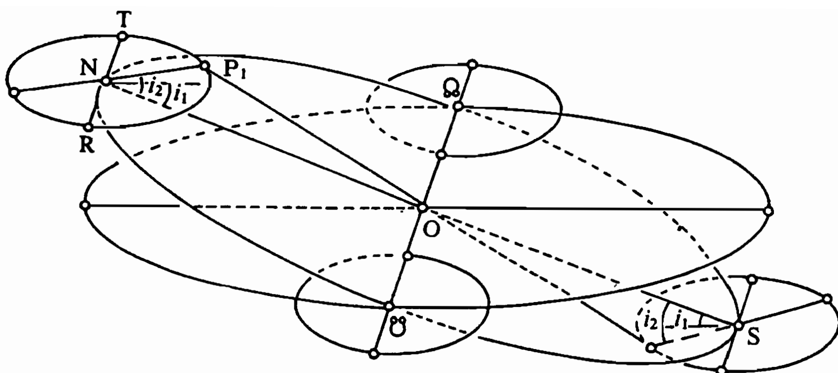
والخلاصة هي أن هيئة القمر، بشكلها الكامل، تتضمن الأفلاك التالية: (١) الفلك «الممثل» الذي يحرك العقدتين وكل باقي الأفلاك على خلاف التوالي، (٢) الفلك «المائل» الذي يتحرك بنفس الاتجاه، والذي بسببه يحدث للقمر عرض، وتنطبق منطقته على سطح منطقة الفلك الحامل، (٣) الفلك «الحامل» الذي يتحرك بحركته الخاصة باتجاه التوالي، وأخيراً (٤) فلك «التدوير» الذي يحمل القمر ذاته وهو بدوره محمولٌ على الفلك الحامل.

لقد أشرنا أعلاه إلى الاعتراضات التي سيقت ضد هذه الهيئة من حيث قدرتها على تحليل حركة القمر في الطول. لكن هذه الاعتراضات لا تمس هذه الهيئة من ناحية الحركة في العرض، لأن جميع الأفلاك المفروضة لهذه الهيئة بالذات، والتي توجب حركة العرض، تدور حول مراكزها الخاصة بها، التي تنطبق، في هذه الحالة، مع مركز العالم.

٢ ـ حركة عرض الكواكب العليا

إن الوضع يصبح أكثر تعقيداً بالنسبة الى الكواكب العليا، لأن سطوح مدارات هذه الكواكب، كما هو معروف حالياً، لا تمر بالأرض، التي كانت تعتبر مركز العالم، بل بالشمس. فإن تحديد حركة العرض، بالنسبة الى راصد على الأرض يستخدم الإحداثيات ذات المركز الأرضي، يتطلب إجراءات أكثر تعقيداً من الإجراءات التي استخدمت أعلاه لوصف حركة القمر في العرض.

وكما هي الحال بالنسبة الى هيئة أفلاك القمر، فإن أفلاك الحوامل للكواكب العليا (الشكل رقم (٣ ـ ٥)) هي الأخرى مائلة بالنسبة الى منطقة البروج ميلاً ثابتاً قدره i_1. ويسمى خط التقاطع بين سطح منطقة الفلك الحامل وسطح منطقة البروج، هنا أيضاً، بخط العقدتين. وتسمى نقطة هذا الخط التي يمر فيها فلك التدوير وهو صاعدٌ من الجنوب إلى الشمال «نقطة الطلوع» أو «الرأس»، وتسمى النقطة المقاطرة لها على فلك البروج «نقطة الغروب» أو «الذنب». والخط الخارج من مركز الراصد عمودياً على خط العقدتين، يحدد الجهة العليا للفلك الحامل عندما يتقاطع مع محيط الفلك الحامل في جهة الشمال على النقطة N، ويحدد الجهة السفلى للفلك الحامل عندما يتقاطع مع محيط الفلك الحامل في جهة الجنوب على نقطة S. ويختلف هذا الخط بشكل عام عن الخط المار بالأوج والحضيض لأنه يمر فقط بمركز فلك البروج O، ولا يمر بمركز فلك الحامل ولا بنقطة معدل المسير كما يفعل الخط المار بالأوج وبالحضيض.



الشكل رقم (٣ ــ ٥)

ولكن سطوح مناطق أفلاك تداوير الكواكب العليا، بخلاف هيئة القمر، لا تقع في سطح منطقة الفلك الحامل، كما كان مفروضاً عند اعتبار حركة الطول الذاتية، بل إن هذه السطوح تميل بالنسبة الى سطح منطقة البروج، عندما يبتعد فلك التدوير عن العقدتين، بميل قدره i_2. ويسمى هذا الميل أيضاً «الانحراف»، ويبلغ أقصى حده الشمالي عندما يصل مركز فلك التدوير إلى قمة الفلك الحامل. وكذلك يبلغ حداً أقصى جنوبياً، هو أعظم إطلاقاً من الحد الأقصى الشمالي، عندما يصل مركز فلك التدوير إلى قعر الفلك الحامل. وسبب ذلك هو أن قسم سطح منطقة الفلك الحامل الذي يقع شمال سطح منطقة البروج أكبر من القسم الجنوبي. وهذا يعني أن القسم الجنوبي يكون أقرب إلى الراصد، وبالتالي فهو يحدث زاوية أكبر من الأولى.

ولكن عندما يكون مركز فلك التدوير على خط العقدتين، يفترض في سطح منطقة التدوير أن يعود وينطبق على سطح منطقة البروج. عندها تنعدم زاويتا العرض، أي تصبح زاويتا ميل الفلك الحامل وانحراف فلك التدوير مساويتين للصفر.

حاصل ذلك أنّا نرى سطح منطقة فلك التدوير يتأرجح حول محور هو RNT، عمودي على الخط الواصل بين أوج فلك التدوير وحضيضه الحقيقيين، كما يكون دائماً موازياً لسطح منطقة البروج بالتقريب. وهذه النتيجة، بحد ذاتها، غير مقبولة لأنها تتضمن حركة تأرجحية في جزء من الفلك حيث كان لا يسمح إلا بوجود حركات دائرية متكاملة. وقد اقترح بطلميوس لتعليل هذه الحركة، في الفصل الثاني من المقالة الثالثة عشرة من **المجسطي**، إضافة دائرتين صغيرتين إلى طرفي القطر المتأرجح P_1 لفلك التدوير، بحيث يكون نصف قطر كل من الدائرتين الصغيرتين مساوياً لقوس الانحراف الأقصى، ويكون سطح هاتين الدائرتين عمودياً على سطح منطقة الحامل الذي يقاس الانحراف منه. وبإضافة هاتين الدائرتين يمكن أن يقال إن الخط الواصل بين أوج فلك التدوير وحضيضه

الحقيقيين لا يتحرك بحركة تأرجحية، بل يتحرك طرفاه على محيط هاتين الدائرتين الصغيرتين. غير أن الوقت الذي تستغرقه حركة التدوير على القسم الشمالي الأكبر للفلك الحامل، أطول عامة من الوقت الذي تستغرقه هذه الحركة على القسم الجنوبي من نفس الفلك الحامل. ولما كانت مدة حركة طرف القطر على إحدى الدائرتين الصغيرتين مساوية للمدة التي يتحرك بها فلك التدوير على الفلك الحامل، نتج عن ذلك أن حركة طرف قطر التدوير على الدائرة الصغيرة ليست حركة مستوية دورية، ووجب أن يكون لها معدل مسير خاص بها، كما كان هناك معدل مسير يدور مركز التدوير حوله بحركة مستوية دورية.

لا بد وأن تكون تلك النتيجة قد أوقعت بطلميوس في إحراج عظيم، لأنه يستميح القارىء عذراً ويطلب منه ألا يعتبر ذلك الحل في غاية التعقيد إذ يقول: «ولا يظنّن أحد أن هذه الأصول وما أشبهها عسير وقوعها بأن يجعل نظره فيما قلنا كنظره إلى ما يكون من الأشياء التي تتخذ بالحيلة ولطف الصنعة وصعوبتها وعسر وقوعها. وذلك أنه ليس ينبغي أن يقاس على الأمور الإلهية بالأمور الإنسية ولا أن يقصد إلى تصحيح ما هذا مبلغ جلال خطره بتناول المثالات له من الأمور التي هي في غاية البعد عن الشبه به»[٦]. ثم يتابع قوله فيؤكد أنه تقبل ذلك الحل فقط لأنه يمثل الحركة السماوية بشكل أسهل.

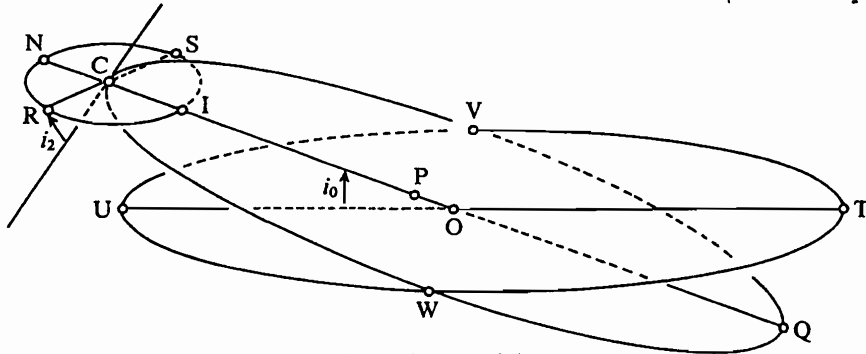
وهذه النقطة بالذات هي موضوع الإشكال السابع المذكور أعلاه، والتي ظن فيها أنها تنافي الأصول التي كان يعمل بها في علم الفلك. وسنرى فيما بعد أن اكتشاف ما سمي لاحقاً بـ«مزدوجة الطوسي» يمكن من حل هذا الإشكال. ويمكن القول، بشكل أدق، إن «المزدوجة» قد ابتكرت من قبل الطوسي خصيصاً لحل هذا التناقض بالذات، وإنما طبقت لاحقاً للحصول على حركة مستقيمة كنتيجة لحركتين دائريتين. زد على ذلك أن «المزدوجة»، المركبة من حركتين دائريتين، تسمح بتأرجح طرف قطر التدوير في سطح واحد، بدون أن تخل بأصول الحركة الدائرية، وتسمح بالتالي بعدم اضطراب الحركة الطولية.

٣ ـ حركة الكواكب السفلية في العرض

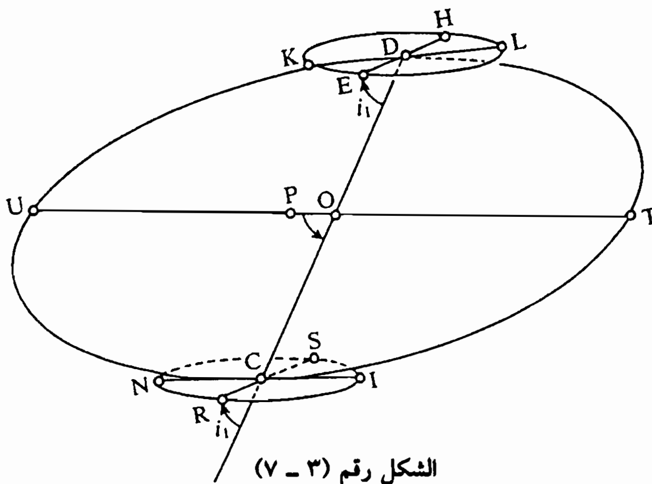
إن هيئة بطلميوس لحركة الكواكب السفلية أكثر تعقيداً من الهيئات السابقة. وتفترض، في حالة كوكب الزهرة مثلاً، أن ميل الفلك الحامل والتدوير لا يكون ثابتاً، بل يتأرجح كأفلاك تداوير الكواكب العليا حول محور يمر بمركز فلك البروج. وأخيراً أن سطح منطقة فلك التدوير يتأرجح أيضاً حول محور عمودي على المحور الأول، وهكذا يتحرك بحركتين تأرجحيتين خاصتين به. وجميع هذه الحركات تحدث هي الأخرى في حالة عطارد، ولكن بعكس اتجاهاتها في حالة الزهرة.

(٦) بطلميوس، **المجسطي** (مخطوطة، نسخة اسحق ـ ثابت، المتحف البريطاني، إضافي ٧٤٧٥)، المقالة ١٣، الفصل ٢، الورقة ٢٠٣ظ.

ولكي نعطي مثالاً على هيئة كوكب الزهرة، فإنا نأخذ الشكل رقم (٣ ـ ٦) الفلك الحامل الخارج المركز مائلاً عن سطح منطقة البروج بزاوية قدرها i_0، ونجعل سطح الفلك الحامل يقطع سطح منطقة فلك البروج على خط العقدتين المار بمقام الراصد على مركز البروج. وفي هذه الهيئة، وخلافاً لحال الكواكب العليا، يقطع خط العقدتين الخط المار بالأوج والحضيض على زاوية قائمة. ولكن ميل الحامل لم يعد ثابتاً، كما كانت الحال في هيئة الكواكب العليا وفي هيئة أفلاك القمر. ففي هذه الهيئة يقترن ميل الفلك الحامل i_0 بحركة فلك التدوير، بحيث ينطبق سطح منطقة الحامل على سطح منطقة البروج عندما يكون فلك التدوير على رأس الجوزهر. وعندما يبدأ فلك التدوير بالحركة نحو الشمال، يبدأ ميل الفلك الحامل بالازدياد هو أيضاً باتجاه الشمال، إلى أن يصل إلى غايته i_0 عندما يصل فلك التدوير إلى أوج الحامل. بعد ذلك يبدأ الميل بالتناقص أثناء انتقال فلك التدوير من أوج الحامل إلى عقدة الذنب، إلى أن يعود إلى الانطباق على سطح منطقة البروج كما في الشكل رقم (٣ ـ ٧).

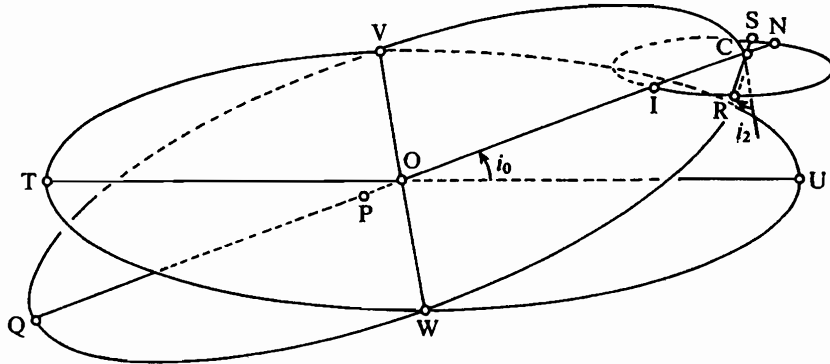


الشكل رقم (٣ ـ ٦)



الشكل رقم (٣ ـ ٧)

ولكن عندما يتحرك فلك التدوير من عقدة الذنب باتجاه حضيض الحامل، يبدأ ميل الحامل بالازدياد ثانية باتجاه الشمال كما نرى في الشكل رقم (٣ ـ ٨)، حتى يبلغ مرة أخرى غايته القصوى i_0 عندما يصل فلك التدوير إلى الحضيض. وفي عودة فلك التدوير إلى عقدة الرأس، يعود سطح منطقة الحامل إلى وضعه الأصلي على منطقة البروج كما نرى في الشكل رقم (٣ ـ ٧). هذه هي الحركة التأرجحية الأولى في هيئة كوكب الزهرة.



الشكل رقم (٣ ـ ٨)

أما حركة التأرجح الثانية فتسمى بحركة «الالتواء». ولشرح هذه الحركة يفترض بطلميوس أن سطح منطقة الحامل يكون منطبقاً على سطح منطقة البروج، عندما يكون فلك التدوير على رأس الجوزهر، كما نرى في الشكل رقم (٣ ـ ٧). فالخط COD هو المحور الأول الذي تتم حوله حركة الالتواء. وهو خط التقاطع بين سطح منطقة البروج والسطح العمودي الناتج من الخط الذي يصل بين أوج التدوير R أو H، وحضيضه S أو E، المرئيين وبين مركز فلك البروج. أما المحور الثاني الذي تتم حوله حركة الانحراف فهو الخط KDL أو NCI (وهو القطر الأوسط) العمودي على المحور الأول، والذي يمر بمركز فلك التدوير D أو C.

عندما يكون فلك التدوير على رأس الجوزهر، ينطبق قطر التدوير الأوسط KDL، على سطح منطقة البروج، وعندها ينعدم العرض الناتج عن حركة الالتواء. ولكن سطح فلك التدوير يتعرض لحركة الانحراف في ذلك الوضع بحيث يبلغ الانحراف زاويته القصوى i_1 في ذلك الوضع بالذات. وعندما يبدأ فلك التدوير بالحركة نحو الأوج، يتحرك سطح منطقة الحامل نحو الشمال كما هو بيّن في الشكل رقم (٣ ـ ٦)، ويبدأ انحراف سطح فلك التدوير بالتناقص من غايته القصوى i_1 إلى أن يبلغ الصفر عندما يصل

فلك التدوير إلى الأوج. ويتزايد بالمقابل الالتواء الذي كان منعدماً عند العقدة إلى أن يصل إلى غاية الالتواء القصوى i_2 عندما يكون فلك التدوير في الأوج.

عندما يصل فلك التدوير إلى الأوج، يبلغ ميل سطح منطقة الحامل غايته التي هي i_0، ويلتوي سطح فلك التدوير بحيث تكون جهته الشرقية نحو الشمال في غاية الالتواء التي هي i_2، وينعدم عندئذٍ انحراف الخط الواصل بين مركز فلك البروج وأوج التدوير وحضيضه المرئيين وينطبق ذلك الخط على سطح منطقة الحامل.

وعندما يتحرك فلك التدوير نحو ذنب الجوزهر، كما في الشكل رقم (٣ ـ ٧)، يعود سطح منطقة الحامل لينطبق على سطح منطقة البروج، بينما يبلغ سطح منطقة التدوير غاية انحرافه i_1، ويكون أوج التدوير نحو الشمال، وينعدم الالتواء في ذلك الوضع للتدوير.

ولكن عندما يتحرك فلك التدوير نحو حضيض الحامل، كما في الشكل رقم (٣ ـ ٨)، يتزايد ميل الحامل ليصبح ميل حضيضه في غايته الشمالية، ألا وهي i_0. أما سطح فلك التدوير فيلتوي في ذلك الموضع ليبلغ التواء جهته الشرقية غايته القصوى نحو الشمال، ألا وهي i_2، تماماً كما كانت الحال عندما كان فلك التدوير في أوج الحامل. وهنا أيضاً ينعدم انحراف فلك التدوير.

أما في حالة عطارد، فإن ميل الحامل والتواء فلك التدوير وانحرافه تتم جميعها باتجاهات معاكسة لتلك التي تتم في حالة الزهرة. عندما يكون التدوير في إحدى العقدتين، يكون انحراف عطارد شمالياً حيث يكون انحراف الزهرة جنوبياً، والعكس صحيح. أما في الأوج، فإن ميل حامل عطارد يكون في غايته الجنوبية، عندما يبلغ ميل حامل الزهرة غايته الشمالية. وكذلك يكون التواء عطارد جنوبياً في الأوج حيث يكون شمالياً للزهرة.

وإذا كانت ظاهرة الانحراف في حالة الكواكب العليا قد أحرجت بطلميوس وأجبرته على أن يستخدم دوائر صغيرة ليفسر انحراف تداوير الكواكب العليا، فإن ظاهرات الميل والانحراف والالتواء في حالة الكواكب السفلى قد شكلت إحراجاً مثلثاً له، إذ إن كل واحدة منها تتطلب دوائر صغيرة خاصة تسمح بتأرجح أقطار التداوير المتعددة. فلا عجب إذن أن يظن بتلك الهيئات أنها مناقضة لأصول علم الفلك الأولية. وهنا أيضاً يمكن استخدام «مزدوجة الطوسي» بشكل فعال ليسمح لجميع أطراف تلك المحاور المتعددة أن تتحرك بحركات مستقيمة ناتجة عن حركات دائرية.

هذه هي باختصار نظرية بطلميوس لحركات الكواكب في العرض. وكما رأينا، فإنه كان من السهل أن يؤخذ عليها مآخذ عديدة، هذا بالرغم من أنها كانت مستندة إلى الأرصاد وقادرة على التنبؤ بموضع كوكب معين في أي وقت معين. والمشكل الرئيسي

الذي كان يعم جميع هذه الهيئات، وعلى جميع المستويات، هو الذي أشرنا إليه سابقاً باسم الإشكال السابع، والذي يلخص بقبول حركات تأرجحية ضمن الحركات السماوية التي كان يجب أن تكون كلها دائرية. وإذا أمكن إبدال هذه الحركات التأرجحية بحركات دورية، بفضل «مزدوجة الطوسي»، يبقى هناك المشكل المصغر الذي يتطلب أن تعدل الحركات الدورية بحيث تتحرك دائرتا «المزدوجة» بسرعة مستوية، وهذا ليس سهلاً.

رابعاً: إصلاح هيئات بطلميوس للكواكب

لقد رأينا أعلاه أن الانتقادات الهامة الأولى التي وجهت إلى هيئة بطلميوس بدأت تظهر، حسب ما نعلم، خلال القرن الحادي عشر. وقد تطورت الأبحاث، خلال ذلك القرن، باتجاهين رئيسيين في آن واحد، وهما: الاتجاه الذي اقتصر على الكشف عن شوائب هيئة بطلميوس، والاتجاه الذي تعدى ذلك إلى استنباط هيئة بديلة لا تعتريها الشوائب التي ألمّت بهيئة بطلميوس.

لقد تمثل الاتجاه الأول الذي كان مكرساً لانتقاد هيئة بطلميوس بابن الهيثم (المتوفى بعد سنة ١٠٤٠م) في كتابه **الشكوك على بطليموس**[٧]، وبالفلكي الآخر المجهول الهوية في كتابه **الاستدراك [على بطلميوس]**[٨] الذي لم يعثر عليه حتى الآن. ونحن نعرف، استناداً إلى كتاب ابن الهيثم، أن عملية النقد لم تكن محصورة بهيئة بطلميوس للكواكب فقط، بل تعدتها لتشمل أعمال بطلميوس الأخرى كالتي تتعلق بعلم المناظر. وهذا يعني أن البواعث الرئيسية التي دفعت إلى تأليف هذا الكتاب كانت أعم بكثير من البواعث الفلكية. ويمكن القول إن هذا النوع من المؤلفات يتبع نفس المنهج الذي اتبعه الطبيب أبو بكر الرازي (المتوفى سنة ٩٢٥م) الذي ألف كتاباً مشابهاً لكتاب ابن الهيثم ينتقد فيه جالينوس (القرن الثاني الميلادي)، وسماه **الشكوك على جالينوس**. سوف نعرض في الفقرات التالية مختصراً للأعمال الفلكية التي وردت في كتاب ابن الهيثم. أما كتاب المؤلف المجهول الهوية، فكان، على ما يبدو، مكرساً للمسائل الفلكية، إذ كلما كان يصل إلى إحدى النقاط الصعبة التي أشرنا إليها أعلاه في هيئة بطلميوس كان يقول: هذا ما يصعب القبول به، وقد فصلنا ذلك في كتاب **الاستدراك**.

---

(٧) انظر: أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **الشكوك على بطليموس**، تحقيق عبد الحميد صبره ونبيل الشهابي؛ تصدير إبراهيم مدكور (القاهرة: مطبعة دار الكتب، ١٩٧١).

(٨) نحن نعرف هذا المؤلف المجهول الهوية من خلال كتابه المسمى ببساطة **كتاب الهيئة**، الذي يبدو أنه محفوظ في نسخة وحيدة في مكتبة الجامعة العثمانية (الدكن، الهند)، وسوف نقدم تلخيصاً لمحتوياته في ما بعد.

١ ـ محتوى كتاب «الشكوك» لابن الهيثم[٩]

يبدأ الكتاب بمقدمة يعرض فيها ابن الهيثم المبادىء التي ينوي اتباعها في عمله. وبعد أن يقر بالامتياز الذي تمتعت به أعمال بطلميوس يتابع قائلاً إنه لن يشير في كتابه إلا إلى المسائل (الشكوك) التي لا يمكن تفسيرها بشكل مرضٍ، والتي يرد فيها تناقض مع الأصول الأولية المسلم بها.

أ ـ القطر المرئي للشمس

ينقسم الكتاب إلى ثلاثة أقسام رئيسية، كل واحد منها مكرس للقضايا المتناقضة في أحد مؤلفات بطلميوس الثلاثة: **المجسطي، كتاب الاقتصاص والمناظر**. يبدأ القسم الأول، تبعاً للترتيب الوارد في **المجسطي** بمسألة الفصل الثالث من المقالة الأولى، وهي مسألة القطر المرئي للشمس. وذلك أن قطر الشمس المرئي عندما تكون الشمس قرب الأفق، يبدو أعظم من قطرها المرئي عندما تكون في وسط السماء. وهنا يستخدم ابن الهيثم النتائج التي توصل إليها بطلميوس ذاته في **كتاب المناظر** ليخالف بها ما قاله بطلميوس في **المجسطي**.

ب ـ تحديد الجهات بالنسبة إلى مركز العالم

ويطالب ابن الهيثم بطلميوس، فيما يتعلق بالفصل الخامس من المقالة الأولى من **المجسطي**، بمزيد من الدقة عندما يتحدث عن المفاهيم التي كان هو نفسه قد قررها. ويعترض على وصف بطلميوس لوضع الأرض بأنه «أعلى» أو «أسفل» من مركز العالم، إذ إن جميع تلك الجهات لا تعني شيئاً بالنسبة إلى مركز العالم لأنها كلها في جهة الـ «أعلى». ولا يعتبر ابن الهيثم هذا النوع من «الغلط» تناقضاً، بل خطأ في «التصور». وكذلك عندما يستخدم بطلميوس تعبير «الشرق» أو «الغرب» ليصف وضع الأرض، فإنه يرتكب خطأ في التصور.

ج ـ قيمة قوس الدرجة الواحدة

ويعترض ابن الهيثم بعد ذلك، على استخدام بطلميوس لمقدار أكبر وأصغر من مقدار آخر في آن واحد ليقيم البرهان على أنه مساو للمقدار عينه. كان من الممكن أن يسمح ابن

---

(٩) سوف أستخدم نشرة القاهرة لهذا الكتاب. توجد ترجمة تمهيدية لهذا النص باللغة الإنكليزية، قام بها دان ڤوس (Dan Voss) على شكل أطروحة في جامعة شيكاغو تحت إشراف نويل سْوِردلو (Noël Swerdlow) (غير منشورة).

الهيثم لبطلميوس أن يقول، في هذا الموضع بالذات، إن مقدار قوس الدرجة الواحدة مساو لذلك المقدار بالتقريب، أي أنه يختلف عنه بقيمة صغيرة، بدلاً من أن يقول إنه أصغر وأكبر منه في آن واحد.

د ـ ميل فلك البروج

يعترض ابن الهيثم على الطريقة التي استخدمها بطلميوس لتحديد ميل فلك البروج، إذ يقول بطلميوس إنه رصد الشمس عند عبورها دائرة نصف النهار، فوجد أن الفرق بين ارتفاع الشمس الأقصى عندما تكون في المنقلب الصيفي وارتفاعها الأدنى عند المنقلب الشتوي مساو لـ 47° وأكثر من ثلثي درجة وأقل من نصف وربع درجة.

والسبب الذي من أجله اعترض ابن الهيثم على ذلك هو أن الشمس قد لا تكون على نقطة الانقلاب عند مرورها بدائرة نصف النهار لمكان الرصد المقصود، وأن بطلميوس يعرف ذلك جيداً. ولكنه قبل أن يأخذ قيمة تقريبية، حين كان عليه أن يبين كيفية تحديد هذا المقدار بشكل دقيق. زد على ذلك أن بطلميوس كان يعلم أيضاً أن الشمس لن تعود إلى نفس النقطة على دائرة نصف النهار في عدد صحيح من الأيام خلال السنوات المقبلة. وبالرغم من ذلك قال إنه رصد الشمس وهي تمر بنقطة الانقلاب تلك سنة بعد سنة، وهذا لا يمكن أن يكون صحيحاً. وبما أن هناك مقادير عديدة يعتمد في تحديدها على رصد بطلميوس هذا، يستخلص ابن الهيثم أنه لا يمكن الأخذ بأقوال بطلميوس فيما يخص مقدار طول السنة الشمسية أو نقطة الانقلاب أو ميل فلك البروج أو نقطة الاعتدال.

والبرهان على أن بطلميوس لم يحدد هذه المقادير حقاً هو ما وجده الفلكيون المحدثون من الاختلاف في أقدارها. فإنهم قد وجدوا الميل مختلفاً عما وجده بطلميوس، ووجدوا أوج الشمس متحركاً في حين أن بطلميوس كان قد وجده ثابتاً.

هـ ـ نقطة المحاذاة

هذا الاعتراض هو نفسه الذي أشار إليه الأخوين بالإشكال السادس. ويحصل هذا الإشكال في هيئة بطلميوس للقمر حيث يصار إلى تحديد أوج التدوير الأوسط ابتداءً من امتداد الخط المار بمركز فلك التدوير ونقطة المحاذاة التي تكون دائماً مقاطرة لمركز الفلك الحامل في الجهة المقابلة من مركز العالم. فهذا الأوج، بالنسبة الى ابن الهيثم، لا يكون نقطة خيالية فقط، بل لا يمكن أن يكون نقطة تتخذ مبدأ لقياس الحركة. لكن ما يقلق ابن الهيثم حقاً هو ما يشير إليه في السطور التالية:

«وقطر فلك التدوير هو خط متخيل، والخط المتخيل ليس يتحرك بذاته حركة محسوسة تحدث معنى موجوداً في العالم. وكذلك سطح فلك التدوير هو سطح متخيل، والسطح

المتخيل ليس يتحرك حركة محسوسة. وليس يتحرك حركة محسوسة تحدث معنى موجوداً في العالم إلا الجسم الموجود في العالم»[١٠].

بالإضافة إلى ذلك، وحتى لو قبلنا بوجود مثل هذا الخط الخيالي، وبالتالي بوجود الأوج الأوسط الذي يحدده، فإننا لا نستطيع تعليل حركة هذا الخط حسب أصول الحركة المسلم بها. وذلك لأنه يتحرك، كما يبدو، بحركة تأرجحية تحدث زوايا سلبية وإيجابية، في غضون نصف شهر قمري، دون أن يتم هذا الخط دورته. ولا تبدو أية حركة من هذه الحركات كأنها ناتجة عن دورات كاملة لأفلاك تتحرك حركات دورية مستوية كما هو مفروض.

وينهي ابن الهيثم هذا الفصل بوابل من الانتقادات، مستنفداً كل الأعذار التي يمكن أن يعذر بها بطلميوس، ورافضاً في النهاية وجود خطوط أو أجسام تستطيع تحريك هذه الخطوط على ذلك المنوال. «وإذا كان فرض جسم بهذه الصفة محالاً، فمحال أن يتحرك قطر فلك التدوير إلى محاذاة النقطة المفروضة»[١١].

إن المحاولات اللاحقة التي قام بها علماء الفلك الآخرون لتعديل هيئة بطلميوس للقمر تشمل، بشكل أو بآخر، موقفاً معيناً من نقطة المحاذاة هذه بالذات، وكانت تتحاشى غالباً استخدامها.

و ـ حدود الكسوفات

يعترض ابن الهيثم في هذا القسم على أن بطلميوس كان قد استخدم، على ما يبدو، طريقة تقريبية لتعيين حدود الكسوفات. والاعتراض الأساسي يدور حول استخدام بطلميوس لقوس ـ مقداره مساو لمجموع نصف قطري الشمس والقمر ـ قائمة على سطح مدار القمر وليس على منطقة فلك البروج كما كان يفضل ابن الهيثم. وهكذا يخلص ابن الهيثم إلى القول إن هذه الطريقة التي اختارها بطلميوس لا تسمح له بحساب بدء الكسوف ولا توسطه ولا نهايته، «ففرضه هذين القوسين حدين في الطول والعرض للكسوف هو غلط ظاهر لا شبهة فيه»[١٢].

---

(١٠) ابن الهيثم، المصدر نفسه، ص ١٦.

(١١) المصدر نفسه، ص ١٩.

(١٢) المصدر نفسه، ص ٢٣. انظر: Pedersen, *A Survey of the Almagest*, pp. 277 ff, وما يلي حول موضوع سوء التعبير في تحليل بطلميوس لحدود الكسوفات الوارد في الفصل الخامس من المقالة السادسة من **المجسطي**.

الصورة رقم (٣ ـ ٢)

كمال الدين الفارسي (ت حوالى سنة ٧٢٠/ ١٣٢٠)، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر** (طهران، مخطوطة سبهسلار، ٥٥١).

يلخص الفارسي في هذا الكتاب بصورة تفصيلية **كتاب المناظر** لابن الهيثم ومقالات أخرى له. ومن بين الموضوعات المتعددة التي درسها ابن الهيثم في علم المناظر صورة الكسوف التي خصص لها مقالاً منفصلاً.

ز ـ مسألة معدل المسير

هذا القسم هو، بدون أي شك، القسم الذي يورد فيه ابن الهيثم أهم انتقاداته على الإطلاق للهيئة البطلمية. فهو يدور حول الإشكال الوارد أعلاه تحت اسم الإشكال الرابع، والذي يفيد بكل بساطة أنه ليس يمكن لفلك أن يدور بحركة مستوية حول محور لا يمر بمركزه، كما كان بطلميوس يفترض. ولكي يحكم تأليف انتقاده، يبين ابن الهيثم في البداية أن بطلميوس كان في قضية معدل المسير على تمام المعرفة بأنه كان يخرق المبادىء الأساسية التي كان هو نفسه قد سلم بها.

وهكذا يبدأ ابن الهيثم بالرجوع إلى الفصل الثاني من المقالة التاسعة من **المجسطي**، حيث قرر بطلميوس بشكل واضح أن الكواكب العليا تتحرك حركة دورية مستوية[(١٣)]، تماماً كما تتحرك الكواكب المذكورة سابقاً. ثم يقابل هذا النص بما ورد في الفصل الخامس من المقالة التاسعة من **المجسطي** حيث يقول بطلميوس بكل وضوح إن في هيئة الكواكب العليا «وجدنا أيضاً مراكز أفلاك التداوير إنما تتحرك على دوائر مساوية للأفلاك الخارجة المراكز التي تكون بها الاختلافات، إلا أن هذه الدوائر ليست على مراكز واحدة بأعيانها»[(١٤)]. ويعود بطلميوس لاحقاً، في الفصل السادس من المقالة التاسعة من **المجسطي**، ليسهب في وصف هيئة الكواكب العليا. وهناك، في ذلك الفصل، يحدد بطلميوس «معدل المسير» (حسب الاستخدام الشائع أثناء القرون الوسطى اللاحقة) بأنه نقطة يدور فلك التدوير حولها في حركة مستوية (Uniforme). ويتابع بطلميوس، في نفس الفصل، وبدون أي برهان، قوله بأن مركز الحامل يقسم بنصفين المسافة الواقعة بين مركز فلك البروج ومعدل المسير.

ولقد رد ابن الهيثم على ذلك قائلاً: «فهذا الذي ذكرناه هو حقيقة ما قرره بطلميوس لحركات الكواكب الخمسة، وهو معنىً يلزم منه تناقض»[(١٥)]. بنى ابن الهيثم برهانه لهذا التناقض كما يلي: (١) قبل بطلميوس بمبدأ الحركة المستوية، (٢) بيّن بطلميوس، في حالة الشمس، أن أي جسم يتحرك بحركة مستوية حول نقطة معينة، يتحرك بالضرورة بحركة غير مستوية حول أية نقطة أخرى، (٣) ناقض بطلميوس نفسه عندما قال إن مركز فلك التدوير يتحرك بحركة مستوية حول مركز معدل المسير، لأن ذلك يعني أنه لا يتحرك بحركة مستوية حول مركز حامله، وهذا محال.

---

(١٣) النص الحرفي لعبارة بطلميوس هو التالي: «وإذ كان قصدنا أن نبين في الكواكب المتحيرة الخمسة كما بينا في الشمس والقمر الاختلافات كلها التي تُرى لها وإنما تكون عن حركات جارية على استواء واستدارة لأن هذه الحركات مشاكلة لطبيعة الأجرام الإلهية ومباينة للخروج عن النظام وعدم التشابه». انظر: بطلميوس، **المجسطي**، الورقة ٥٢ ظ، و Ptolemaues, *L'Almageste,* tome 2, p. 116.

(١٤) بطلميوس، المصدر نفسه، الورقة ٧٦ ظ. انظر أيضاً: Ptolemaues, Ibid., tome 2, p. 158.

(١٥) ابن الهيثم، **الشكوك على بطليموس**، ص ٢٦.

ولقد ذكر ابن الهيثم بوضوح تام، في تفاصيل رده على بطلميوس، أن اعتراضه يستند في الحقيقة على أن هذه الحركات يفترض فيها أن تكون ناتجة عن حركات أجسام حقيقية، وأنها ليست حركات أجسام متخيلة، «لأن المحيط المتخيل لا يتحرك منفرداً حركة محسوسة»[١٦]. وأشار ابن الهيثم، بالإضافة إلى ذلك، إلى ملاحظة بديهية وهي أن الجسم الذي يفترض فيه أن يتحرك بحركة مستوية حول نقطة معينة، يجب أن يبقى دائماً على مسافة ثابتة من تلك النقطة. وإذا افترضنا أن الأجسام التي يصفها بطلميوس هي أجسام طبيعية حقاً، فعندها لا يمكن أن يكون هناك فلك يتحرك بحركة مستوية حول محور لا يمر بمركزه.

ويستطرد ابن الهيثم في انتقاده ليطال هيئة عطارد، الواردة في الفصل التاسع من تاسعة **المجسطي**، لأن نفس التناقض كان يعتريها. وينهي ابن الهيثم هذا الفصل بإثارة الشكوك حول الطريقة التي استخدمها بطلميوس في تحقيق خروج مراكز الكواكب.

ويستشهد ابن الهيثم، ليحكم رده بشكل قاطع، بقول بطلميوس في الفصل الثاني من تاسعة **المجسطي**، الذي يثبت أن بطلميوس نفسه قد أقر بأنه استخدم هيئات خارجة عن القياس. ولما كان بطلميوس «قد اعترف أن فرضه الحركات على دوائر مجردة خارج عن القياس. فلذلك تكون الخطوط المجردة أحرى أن تكون حركتها حول نقطة مفروضة خارجاً عن القياس. وإذا كان حركة قطر فلك التدوير حول المركز الأبعد خارجاً عن القياس، وكان فرض جسم يحرك هذا القطر حول هذا المركز خارجاً عن القياس لأنه مناقض للأصول، فالترتيب الذي رتبه بطلميوس لحركات الكواكب الخمسة خارج عن القياس. وليس يمكن أن تكون حركة الكواكب التي هي دائمة ومتصلة وعلى ترتيب واحد لا تتغير ولا تنتقض خارجاً عن القياس. ولا يصح أن تكون حركة منتظمة دائمة على ترتيب واحد لا يتغير إلا على أصول صحيحة واجبة بالقياس المطرد الذي لا شبهة فيه. فقد تبين من جميع ما ذكرناه أن الهيئة التي قررها بطلميوس لحركات الكواكب الخمسة هي هيئة باطلة، وأن لحركات هذه الكواكب هيئة صحيحة بأجسام متحركة حركة مستوية دائمة متصلة لا يلزم منها محال، ولا يتداخلها شبهة هي غير الهيئة التي قررها بطلميوس»[١٧].

ح ـ حركة العرض

يبدأ ابن الهيثم اعتراضه على نظرية بطلميوس لحركة العرض بعد استشهاد طويل، من الفصل الأول من المقالة الثالثة عشرة من **المجسطي**، يدور حول حركة الكواكب السفلى في العرض. ويتبع ذلك بإعادة صياغة كلام بطلميوس، إلى أن يخلص إلى القول: «وهذا محال

---

(١٦) المصدر نفسه، ص ٢٨.

(١٧) المصدر نفسه، ص ٣٣ ـ ٣٤.

فاحش مناقض لقوله فيما تقدم إن حركات السماء مستوية ومتصلة ودائمة، لأن هذه الحركة ليس يمكن أن تكون إلا لجسم يتحرك هذه الحركة لأن الحركات المحسوسة ليس تكون إلا للأجسام الموجودة»(١٨).

بالإضافة إلى ذلك، وبما أن حركتي السطحين المائلين اللذين ينطبق عليهما الحامل يتحركان باتجاهين متقابلين، يستنتج ابن الهيثم أن بطلميوس كان قد ارتكب حقاً خطأً فادحاً بقبوله أن يكون لأي جسم ما طبيعتان مختلفتان، إذ ان هذا يدل على إمكانية اختلاف في تركيب الفلك، وهذا خارج عن القياس.

ط ـ خاتمة

يختتم ابن الهيثم انتقاده لكتاب **المجسطي** بعرض طويل يسترجع فيه الأسباب التي حدت ببطلميوس ليقول ما قاله. ويقر أن مثل هذه التناقضات قد يقع أحياناً في بعض المواضع نتيجة السهو الذي لا ينجو منه أي إنسان. ففي مثل هذه المواضع يكون عذر بطلميوس مقبولاً. ولكن عندما يقع بطلميوس في التناقض عمداً، لا يمكن أن نجد له عذراً. ويستشهد ابن الهيثم، لكي يثبت أن بطلميوس كان يتعمد قبول هذه التناقضات، بالمقطع المشهور من الفصل الثاني من تاسعة **المجسطي**، حيث يقول بطلميوس إنه اضطر الى استخدام وسائل «خارجة عن القياس»، وإنه أجرى البرهان مستخدماً دوائر متخيلة. ثم يشير ابن الهيثم إلى المشكلة الرئيسية في هيئة بطلميوس للكواكب العليا، التي تتمحور حول هذه النقطة بالذات، ألا وهي إجراء البرهان على حركات الكواكب بالرجوع إلى دوائر وخطوط متخيلة. ولكن عندما يُفترض وجود أجسام حقيقية فعلاً، عندها يبرز التناقض بشكل واضح جداً.

كذلك لا يقبل ابن الهيثم عذر معتذر لبطلميوس يقول إن تلك الهيئات جميعها متخيلة، وإنها لا تؤثر في الحركات الحقيقية للكواكب، لأنه، على رأي ابن الهيثم، لا يجوز أن تتوهم هيئات متناقضة لوصف حركات أجسام موجودة حقيقية. كذلك لا يمكن أن يعذر بطلميوس حين يقول، في الفصل الثاني من تاسعة **المجسطي**، إنه قد توصل إلى وصفٍ وافٍ لحركات الكواكب دون أن يتمكن من وصف الطريق التي توصل بها إلى ذلك، بل كان على بطلميوس أن يقر أولاً أن الهيئة التي توهمها لم تكن صحيحة، وأنه لم يكن قد توصل إلى الهيئة الصحيحة. ولو فعل ذلك لأمكن ابن الهيثم أن يعذره.

ويلي هذا الفصل ملخص لهيئة بطلميوس للكواكب كما ارتآها ابن الهيثم، وهو عرض أمين للهيئات التي ورد ذكرها في **المجسطي**(١٩). ثم يخلص إلى القول بأن بطلميوس: «... جمع كل ما صح للمتقدمين وله من حركات كل واحد من الكواكب ثم

---

(١٨) المصدر نفسه، ص ٣٦.

(١٩) المصدر نفسه، ص ٣٩ ـ ٤١.

تطلب هيئة تصح أن توجد في أجسام موجودة تتحرك تلك الحركات، فلم يقدر على ذلك، ففرض هيئة متخيلة في دوائر وخطوط متخيلة تتحرك تلك الحركات، ويمكن في بعض تلك الحركات أن توجد في أجسام تتحرك تلك الحركات. فارتكب هذه الطريقة اضطراراً، لأنه لم يقدر على غيرها. وليس إذا فرض الإنسان خطاً في تخيله وحركه في تخيله تحرك في السماء خط نظير لذلك الخط مثل تلك الحركة. ولا إذا تخيل الإنسان دائرة في السماء وتخيل الكوكب متحركاً على تلك الدائرة تحرك الكوكب على تلك الدائرة المتخيلة. وإذا كان ذلك كذلك، فالهيئات التي فرضها بطلميوس للكواكب الخمسة هي هيئة باطلة، وقررها على علم منه بأنها باطلة، لأنه لم يقدر عل غيرها. ولحركات الكواكب هيئة صحيحة في أجسام موجودة لم يقف عليها بطلميوس ولا وصل إليها. لأنه ليس يصح أن توجد حركة محسوسة دائمة حافظة لنظام وترتيب إلا ولها هيئة صحيحة في أجسام موجودة»[٢٠].

٢ ـ الشكوك على «كتاب الاقتصاص»

يبدأ ابن الهيثم عرضه للشكوك التي أوردها على **كتاب الاقتصاص** بتعداد النقاط التي يختلف فيها هذا الكتاب عن كتاب **المجسطي**. فهو يورد مثلاً عدد الحركات المنسوبة الى الكواكب في **المجسطي**، حيث بلغت ستاً وثلاثين، وعددها الوارد في **كتاب الاقتصاص** والبالغ ستاً وعشرين فقط.

يتعرض ابن الهيثم، بعد ذلك، إلى حركات أفلاك التداوير التي ذكرت في المقالة الأولى من **كتاب الاقتصاص**. وعندها يشير إلى نقص في هذا الكتاب لأن بطلميوس لم يأت فيه على ذكر «الدوائر الصغيرة» التي وردت في **المجسطي**، والتي كانت تحمل أفلاك التداوير في العرض. كذلك لم يجد فيه شرحاً وافياً لحركات الكواكب في العرض[٢١].

وهكذا يخلص إلى القول بأن كلام بطلميوس في المقالة الأولى من **كتاب الاقتصاص** ليس هو فقط عرض لـ «هيئة فاسدة»، بل هو مناقض لما جاء في الأرصاد ـ خاصة فيما يتعلق بحركة عرض الكواكب ـ ولما جاء في **كتاب المجسطي** نفسه.

ويقترح بطلميوس خلال تحليله لـ «علل» حركات الكواكب في المقالة الأولى من **كتاب الاقتصاص**، أن لكل كوكب من هذه الكواكب حركتين: حركة إرادية، وحركة قسرية «يضطر إليها»[٢٢]. كما يتابع في المقالة الثانية من **كتاب الاقتصاص** حيث يقول: «ولكل

---

(٢٠) المصدر نفسه، ص ٤١ ـ ٤٢.

(٢١) المصدر نفسه، ص ٤٣ ـ ٤٤.

(٢٢) انظر: Bernard Raphael Goldstein, «The Arabic Version of Ptolemy's *Planetary Hypotheses*,» reproduction of the entire arabic manuscript, which contains the second part of book I, and a partial english translation, *Transactions of the American Philosophical Society* (N.S.), vol. 57, part 4 (1967), p. 26, lines 16 - 18.

حركة من هذه الحركات المختلفة في الكمية أو في النوع جسم يتحرك على أقطاب... ويكون ذلك فيها بلا قهر ولا ضرورة تلزمها من الخارج»[٢٣].

أما ابن الهيثم فإنه يجد هاتين المقولتين متناقضتين، إذ كيف يمكن لجسم أن يُجبر على الحركة حيناً، بينما لا يكون خاضعاً لقسر خارجي في الحين الآخر؟

كذلك يهاجم ابن الهيثم بطلميوس لأنه أخذ بفكرة استخدام المنشورات الكروية عوضاً عن الأفلاك، فيقول بأن المنشورات، بدلاً من أن تحل المسائل التي هي موضوع النقاش، تنطوي على نفس المساوىء التي انطوت عليها الأفلاك، وتضيف إليها مساوىء أخرى خاصة بها[٢٤].

هذا يعود بابن الهيثم إلى نظرية حركات الكواكب السفلى في العرض، وإلى «الدوائر الصغيرة» التي افترض في **المجسطي** أنها تحرك أفلاك تداوير الكواكب السفلى على محورين متعامدين. هذه «الدوائر الصغيرة» لم يرد ذكرها في **كتاب الاقتصاص**. ويقول بشأنها ابن الهيثم: «فإن تأوّل متأوّل فيها مثل ما تأول في القطرين الأولين لزم في كل واحد منهما محالان آخران مثل اللذين لزما في القطرين الأولين. وإن لم يتأول فيهما ذلك فإما أن يكون بطلميوس غالطاً في أعمالهما، أو غالطاً في فرضهما في كتاب **المجسطي**»[٢٥].

وبشكل مشابه، لم يتعرض بطلميوس في **كتاب الاقتصاص** لمسألة تأرجح مناطق الأفلاك المائلة للكواكب السفلى كما فعل في **المجسطي**.

زد على ذلك أن بطلميوس، أثناء وصفه لأفلاك القمر، أهمل كلياً حركة نقطة المحاذاة التي كان قد ذكرها ضمن حركات القمر في **المجسطي**.

ويبدو بطلميوس في نهاية المقالة الثانية من **كتاب الاقتصاص** وكأنه قد قَبِل فكرة إمكانية تحرك الكواكب بذاتها دون أن تكون بحاجة إلى جسم آخر يحركها. عندها يرد ابن الهيثم على بطلميوس قائلاً إن ذلك يفترض وجود خلاء في السماء ليسمح للكوكب أن يفرغ مكاناً ليملأ مكاناً آخر. ثم يتبع ذلك برفضه لهذه الحركة لكونها حركة تدحرجية. ويخلص إلى القول: «وإذ قد جوّز بطلميوس أن يكون الكوكب متحركاً بذاته من غير جسم يحركه، فقد بطل بهذا التجويز جميع المنشورات وجميع الأكر التي فرضها للكواكب»[٢٦].

ويختم ابن الهيثم هذا الفصل من رده على **كتاب الاقتصاص** كما فعل في نهاية الفصل الذي رد فيه على **المجسطي** قائلاً عن بطلميوس:

---

(٢٣) ابن الهيثم، المصدر نفسه، ص ٤٥ ـ ٤٦.
(٢٤) المصدر نفسه، ص ٤٨ ـ ٤٩. انظر أيضاً ص ٦٠ حيث المقابلة بين أوضاع المنشورات والأفلاك.
(٢٥) المصدر نفسه، ص ٥٨.
(٢٦) المصدر نفسه، ص ٢٦.

«إما أن يكون رتب ما رتبه من الأجسام وقرر ما قرره على علم منه بما يلزم فيها من المحالات أو على غير علم منه بذلك. فإن كان قرره على غير علم منه بما يلزم فيها من المحالات، فهو عاجز في صناعته، فاسد التصور لها والهيئات التي قررها. وليس يتهم بطلميوس بذلك. وإن كان قرر ما قرره على علم منه بما يلزم فيه، وهذا القسم أحرى به، ويكون سببه أنه اضطر إليه لأنه لم يقدر على أجود منه، وقد ارتكب المحالات على علم منه بها، فقد غلط غلطين: أحدهما المعاني التي قررها التي يلزم منها المحالات، والآخر ارتكاب الغلط على علم منه بأنه غلط. وعلى تصاريف الأحوال، والأشبه بالإنصاف، أن بطلميوس لو قدر على هيئة يقررها للكواكب لا يلزم فيها شيء من المحالات لذكرها وقررها، ولم يعدل عنها إلى ما قرره الذي يلزم منه المحالات الفاحشة، وإنما قنع بما قرره لأنه لم يقدر على أجود منه. والصحيح الذي لا شبهة فيه أن هيئات حركات الكواكب هيئات صحيحة موجودة مطردة لا يلزم فيها شيء من المحالات ولا من المناقضات، وهي غير الهيئات التي قررها بطلميوس، وما وقف عليها بطلميوس ولا وصل فهمه إلى تخيل حقيقتها»(٢٧).

ولا يكتفي ابن الهيثم بهذه الإدانة، بل يعود ليذكر القارىء مرة أخرى أن بطلميوس قد أهمل ذكر «الدوائر الصغيرة» في **كتاب الاقتصاص** مع أنه كان قد استخدمها في **المجسطي** ليعلل حركة الكواكب في العرض. وعندئذ يحدس ابن الهيثم أن بطلميوس لم يفعل ذلك إما لأنه كان يعلم بالتناقضات التي قد يؤدي إليها استخدام هيئة المنشورات، أو أنه كان يود تحاشي التعقيدات الإضافية التي تؤدي إليها الكرات التي كان يجب أن تضاف لو استخدم هيئة الأفلاك التامة. «فرأى أن الإمساك عن شرح هذه الحركة أولى من ارتكاب المحالات التي تلزم فيها»(٢٨).

٣ ـ محتوى كتاب «الاستدراك [على بطلميوس]»

لا نعرف إلا القليل عن مؤلف هذا الكتاب وعن الكتاب نفسه الذي لم يعثر عليه حتى الآن. وكل المعلومات التي يمكن جمعها عن المؤلف موجودة في كتاب آخر له بعنوان **كتاب الهيئة** محفوظ حالياً في نسخة فريدة في مكتبة الجامعة العثمانية في حيدر آباد (الدكن ـ الهند). ومنها نستشف أن مؤلف **كتاب الهيئة** كان يقطن في إسبانيا في القرن الحادي عشر، فهو يتحدث مثلاً عن عالم الفلك الأندلسي الشهير بالزرقيل (الزرقالي) (المتوفى سنة ١٠٩٩م) كأحد أصدقائه. وقد أشار أيضاً إلى أنه قد أورد، في أحد مؤلفاته، وصفاً لآلة استعملت في الأرصاد التي أجريت في طليطلة، دون أن يشير إلى تاريخ تلك الأرصاد.

(٢٧) المصدر نفسه، ص ٦٣ ـ ٦٤.
(٢٨) المصدر نفسه، ص ٦٤.

ويقول مؤلف كتاب **الهيئة** إنه كان يجد بعض ما قاله بطلميوس قابلاً للنقاش، ويضيف بشكل واضح أنه لا يود إقحام اعتراضاته الشخصية في هذا النص المبسط الذي هو بصدد كتابته، لأنه كان قد كرس لتلك الاعتراضات كتاباً خاصاً سماه كتاب **الاستدراك [على بطلميوس]**.

والأسلوب الذي أشار به إلى هذا الكتاب يظهر بوضوح تام الموضوع الذي اشتمل عليه الكتاب. فعندما يتكلم عن الخطأ الحادث بسبب الآلة التي نصبت في «مدينة طليطلة من بلاد الأندلس»، يقول: «في الآلة التي نصبها لها [أي للأرصاد] على ما أخبرني متولي الرصد بها أبو إسحق إبراهيم بن يحيى المعروف بالزرقيل» [ورقة ١٥ ظ]. وفي الورقة ١٦و يقول الكاتب إنه قد ألف كتاباً سماه **الاستدراك [على بطلميوس]**. ويقول عند بحثه لأوج الشمس إنه كان «في زمن خلافة المأمون على عشرين جزءاً ونحو ثلثي جزء من الجوزاء. وفي هذه الأشياء نظر من حقها أن تذكر في الاستدراك» [ورقة ٤١ ظ].

ويقول المؤلف عند تعرضه لحركات القمر: «قد أعرض على بطلميوس في هذه الحركات بأشياء من حقها أن تذكر فيما هو أبسط من هذا الكتاب، وسنذكرها في الاستدراك إن شاء الله عز وجل» [ورقة ٤٨و].

وأخيراً يقول في معرض كلامه عن أوج الكواكب: «ووجد بطلميوس حركات هذه الأبعاد للكواكب الخمسة تنتقل في مدة ماية سنة جزءاً و[احد] ا، وزعم المتأخرون أنها تقطع الجزء في نحو ست وستين سنة. وسنذكر علة هذا الاختلاف في كتاب **الاستدراك**» [ورقة ٦٨و].

خامساً: الهيئات البديلة لهيئات بطلميوس للكواكب

يمثل الكتابان المذكوران أعلاه جميع ما نعرفه اليوم عن هذا النوع من الكتابات النقدية التي تعرض لها بطلميوس. ولكن هذا لا يعني أن نطاق هذا النشاط النقدي كان ينحصر في هذين الكتابين، أو أن الكتابات النقدية الأخرى لم تلق تأثيراً يبلغ أهمية ما بلغه هذان الكتابان. فاعتماداً على المؤلفات التي كتبت خلال القرون اللاحقة والتي تم العثور عليها، نستطيع الجزم بأن الانتقادات التي أثارها ابن الهيثم كانت تؤخذ مأخذ الجد من قبل علماء الفلك، وأن أكثر من عالم فلكي واحد حاول أن يجد هيئات بديلة لا تشوبها التناقضات التي تضمنتها الهيئة البطلمية.

فإذا أخذنا فارقي الزمان والمكان بعين الاعتبار، يمكننا الآن أن نقسم الردود التي أثارتها هذه الانتقادات ـ والتي كانت بمثابة هيئات بديلة للهيئات البطلمية ـ إلى مدرستين: المدرسة الأندلسية، والمدرسة المشرقية.

١ ـ المدرسة الأندلسية

لقد كان عالم الفلك المجهول الذي كتب **الاستدراك**، بلا شك، رائد مدرسة لاحقة من الفلكيين الذين تابعوا أعماله كما أضافوا انتقاداتهم الخاصة بهم؛ وقد حاول هؤلاء، جميعهم، إعادة صياغة الهيئة البطلمية. فأسماء كل من جابر بن أفلح (المتوفى في أواسط القرن الثاني عشر)، والبطروجي (المتوفى حوالى ١١٩٠م)، وابن رشد (المتوفى سنة ١١٩٨م) ليست سوى أسماء عدد صغير من الذين تناولوا انتقاد الهيئات البطلمية في كتاباتهم التي جرت حولها بعض الدراسات[٢٩].

فإذا أخذنا كتاب **إصلاح المجسطي** لجابر بن أفلح نراه يسهم بشكل رئيسي في هذا المضمار. وذلك أنه يسرد قائمة بحوالى عشر إلى خمس عشرة مسألة ـ يسميها جابر أخطاء ـ ويحاول فيها أن يقود القارىء خطوة خطوة إلى التحقق من الصعوبات والمشاكل التي يتضمنها نص بطلميوس. فإحدى هذه المشاكل الرئيسية هي مثلاً تلك التي تتعلق بمسألة أبعاد الكواكب كما وردت في **المجسطي وكتاب الاقتصاص**. فجابر يرى أن كوكب الزهرة على الأقل يجب أن يكون فوق الشمس إذا ما أخذت المعطيات العددية نفسها التي أوردها بطلميوس[٣٠]. وقد أكد جابر بن أفلح[٣١]، تبعاً لحساباته الخاصة، أنه يجب وضع الزهرة وعطارد معاً فوق الشمس.

إن الحجج الرئيسية التي وضع بموجبها جابر بن أفلح كلاً من الزهرة وعطارد فوق الشمس هي التالية: (١) يقر بطلميوس أن زاوية اختلاف منظر الشمس تبلغ حوالى ثلاث

---

(٢٩) لم يحصل كتاب جابر بن أفلح على دراسة وافية حتى الآن. أما كتاب البطروجي فقد نشره: Nūr al-Din Abū Isḥaḳ al-Bitrūjī, *On the Principles of Astronomy,* an edition of the arabic and hebrew versions with translation, analysis, and an arabic - hebrew - english glossary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 7, 2 vols. (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1971).

وأما أعمال ابن رشد فقد حللت مع أعمال البطروجي أولاً من قبل: Léon Gauthier, *Ibn Rochd (Averroès),* les grands philosophes (Paris: Presses universitaires de France, 1948),

وحللت حديثاً من قبل: A. I. Sabra, «The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Biṭrūjī,» in: Everett Mendelsohn, ed., *Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1984).

(٣٠) لعرض أكمل لمسألة أبعاد الكواكب عند بطلميوس، انظر: Noël M. Swerdlow, «Ptolemy's Theory of the Distances and Sizes of the Planets: A Study of the Scientific Foundations of Medieval Cosmology,» (Doctoral Dissertation, Yale University, 1968) (University Microfilms International 69 - 8442).

(٣١) Escurial, Manuscrits arabes (910), fols. 78^v - 79^r.

دقائق، بينما لا نرى على الإطلاق أي اختلاف منظر لكوكبي الزهرة وعطارد. وهذا لا يمكن أن يعني، بالنسبة الى جابر بن أفلح، إلا أنهما أبعد من الشمس، وبالتالي فهما فوق الشمس حسب ترتيب الأفلاك السماوية. (٢) يأخذ جابر بن أفلح قيمتين أوردهما بطلميوس لنسبة نصف قطر فلك التدوير إلى نصف قطر فلك الحامل لكل من الزهرة وعطارد، ويثبت أننا لو تبنينا هاتين القيمتين لوجب أن نرى اختلاف منظر كل من الزهرة وعطارد يبلغ حوالى ست أو سبع دقائق، وهو تقريباً ضعف اختلاف منظر الشمس. ولكننا لا نرى شيئاً من ذلك، فيجب أن يكون هذان الكوكبان فوق الشمس.

وبعد أن يورد نص بطلميوس الكامل المتعلق بالأبعاد النسبية للكواكب، يخلص جابر إلى القول: «إني لأعجب كل العجب من أمر هذا الرجل وأتحير فيه حيرة عظيمة لما يظهر من تناقضه واضطرابه وهو لا يشعر لذلك» [ورقة ٧٨ظ].

ولما لم يكن ممكناً تحديد الأبعاد المطلقة للكواكب بشكل أكيد، فقد بقيت هذه القضية مجال جدل طيلة فترة القرون الوسطى، ولقد رجع إليها كل من البطروجي ومؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ١٢٦٦م) وغيرهما كما سنرى لاحقاً.

إن المشكلة الرئيسية التي تضمنتها الهيئة البطلمية، بالنسبة الى البطروجي وابن الهيثم، هي أنها ليست أرسطية بشكل كافٍ. ولكن، خلافاً لابن الهيثم، الذي كان يرى أن الحركة على فلك خارج المركز ممكنة القبول من وجهة النظر الأرسطية، لم يقبل البطروجي بالفلك الخارج المركز ولا بفلك التدوير بالمعنى التقليدي الذي اعتمده بطلميوس. فاهتمام البطروجي الرئيسي كان ينصب على ضرورة وجود نقطة واحدة للعالم تدور حولها جميع النقاط الأخرى، وتكون ثابتة ومنطبقة على مركز الأرض. ويظن أن أول من دافع عن هذه النظرة الأرسطية الخالصة كان أستاذ البطروجي، ابن طفيل (المتوفى سنة ١١٨٥م)، الذي أعلن عن عزمه على كتابة مؤلف يعرض فيه هذه الهيئة، إلا أنه لم يفعل ذلك، على ما يبدو.

وقد تمت متابعة هذه المحاولات في **كتاب الهيئة** للبطروجي، الذي ألفه خصيصاً لتطوير تلك النظرية الفلكية، وفيما بعد في أعمال ابن رشد (خاصة في شرحه لكتاب أرسطو **ما بعد الطبيعة**) الذي اكتفى بعرض اعتراضاته بشكل وصفي فقط.

لقد بقي كل هذا النشاط محدوداً في تطبيقاته وفي مداه، وذلك لأن الهيئات الجديدة المقترحة ـ كالهيئة التي اقترحها البطروجي ـ لم تكن ناجحة حقاً في إعطاء النتائج البطلمية التحليلية والرصدية على الوجه المطلوب. لذلك كانت هناك حاجة حقيقية لإيجاد هيئات جديدة لا تشوبها الشوائب التي ألمت بهيئة بطلميوس، وتحافظ في آن واحد على النتائج الرصدية البطلمية الصحيحة، وتفسر الظواهر نفسها التي فسرتها هيئات بطلميوس للكواكب.

لقد أنجز التقدم الحقيقي في هذا المضمار في مشرق العالم الإسلامي، حيث حصلت أجيال من علماء الفلك، ابتداءً من القرن الحادي عشر وحتى ما بعد القرن الرابع عشر،

على عدد من النتائج. وقد بدأت هذه النتائج أولاً، بتحديد المشاكل الرئيسية في الهيئة البطلمية، وبحل هذه المشاكل بعد ذلك بأساليب تقنية جديدة ملائمة للمبادىء الأولية الأرسطية للكون.

٢ ـ المدرسة المشرقية

المدرسة المشرقية المعنية هنا هي المعروفة في الدراسات الحديثة باسم «مدرسة مراغة»[(٣٢)]، وذلك لأن الفلكيين المعروفين الذين تضمنت أعمالهم هيئات غير بطلمية قد عملوا جميعاً، سوى واحد منهم، في وقت من الأوقات وبشكل أو بآخر في مرصد مراغة (في الشمال الغربي من إيران حالياً) خلال النصف الأخير من القرن الثالث عشر. إن ما نعرفه حول هذا النشاط قد ازداد اليوم عما كان عليه سابقاً. فنحن نعرف أن هذا النشاط لم يكن مقتصراً على أجواء مرصد مراغة، ولا منحصراً في غضون القرن الثالث عشر. لذلك اخترنا عبارة «المدرسة المشرقية» لنقابل بها ما كان يجري في هذه المنطقة المشرقية من العالم الإسلامي بما كان يجري في الأندلس والذي أشير إليه بـ «الثورة الأندلسية».

لحسن الحظ أن نشاطات المدرسة المشرقية تتسم بشيء من التناسق والترابط. لذلك يمكن القول بأنها تنتمي إلى تقليد واحد. فموقف علماء الفلك في هذه المدرسة من أرسطو ومن علم الكون الأرسطي كان يختلف تماماً عن موقف زملائهم المغربيين في الأندلس. فبينما كان علماء الفلك الأندلسيون يصبون اهتمامهم على عدم إمكانية وجود الأفلاك الخارجة المراكز وأفلاك التداوير، لأنها كانت تتعارض مع المبدأ الأرسطي القائل بوجود مركز للعالم تدور حوله جميع الحركات الدورية، كان علماء الفلك المشرقيون يعتبرون أن هذه المشكلة ليست في الحقيقة إلا مشكلة وهمية. وذلك، حسب كلام ابن الشاطر، إن: «. . . وجود أفلاك صغار كأفلاك التداوير غير محيطة بمركز العالم غير ممتنع في سوى الفلك التاسع، ويدل على ذلك أنه كما وجد في كل فلك كوكب، وفي الثامن كواكب كثيرة كرية كل واحد منها أعظم من بعض تداوير بعض الكواكب، والكوكب مخالف لجسم الفلك، فلا يمتنع وجود أفلاك تداوير ونحوها. ومن هنا يفهم أن الأفلاك فيها تركيب ما، والبسيط المطلق هو التاسع، ولا يمكن أن يتصور فيه كوكب ولا غيره»[(٣٣)].

ويعبر ابن الشاطر فيما بعد عن هذا الرأي عندما يقول عن الفلكيين: «اختلفوا في حركات الأفلاك الصغار غير المحيطة بمركز العالم كفلك التدوير ونحوه، فأجمعوا على جواز

---

(٣٢) انظر مثلاً: Edward Stewart Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut: American University of Beirut, ©1983), passim.

(٣٣) ابن الشاطر، **نهاية السول في تصحيح الأصول** (مخطوطة مكتبة بودلين، مارش، ١٣٩)، الورقة ٤ ظ.

حركاتها إلى أي جهة فرضت، مستدلين بأن لفلك التدوير نصفاً أعلى ونصفاً [المخطوط: نصف] أسفل، فإن تحرك في أعلاه إلى التوالي تحرك في أسفله إلى خلاف التوالي، وعكسه. فلا تكون حركته قسرية ولا عرضية بل طبيعية. وأجمعوا على جواز التدوير في غير الفلك التاسع لوجود ما نراه من الكواكب في الأفلاك. فإن الكوكب في الفلك يدل على تركيب ما. ومن قال بأن الأفلاك بسائط يمتنع وجود التدوير فيها وإن يكن ثمّ حركة على غير المركز فليست هي بسيطة، قلت قد تعين وجود التداوير وحركاتها. فإن امتنع ذلك ببرهان قطعي، ثبت تركيب الأفلاك وعدم البساطة فيها. وعندي أنها مركبة من بسايط لا من العناصر، خلا التاسع، والله أعلم بالصواب»[٣٤].

فالمشكلة بالنسبة إلى المدرسة المشرقية كانت مشكلة استنباط هيئات تتلاءم مع الأرصاد البطلمية، وتفسر الظواهر، وتكون متماسكة من وجهتي النظر الرياضية والفيزيائية. وهذا يعني أن اهتمامهم كان ينصب حول إيجاد هيئات يستطيعون بواسطتها أن يصفوا حركات الأفلاك، التي تحمل الكواكب المختلفة، بتعابير هندسية رياضية دون أن تتعارض الفرضيات الرياضية مع المعطيات الفيزيائية.

فالاتجاه العام للبحوث، التي قامت بها المدرسة المشرقية، يوصف عادة في الدراسات الحديثة بأنه فلسفي، وذلك لأنه كان يقبل بجميع نتائج أرصاد بطلميوس، وكان يثير فقط بعض الاعتراضات الفلسفية على هيئاته.

لقد أكدت في مكان آخر أن الهيئة التي ابتكرها ابن الشاطر للشمس هي الهيئة الوحيدة، حسب علمنا إلى الآن، التي تبدو وكأنها وضعت لاعتبارات فلسفية ورصدية في آن واحد[٣٥]. وقد أسهبت في ذلك المقال بالبحث حول موقف ابن الشاطر من الأرصاد عامة، وأكدت أن المنحى الذي نحاه في توهم هيئة للشمس يرتكز على الأرصاد التي قام هو بها وأنه لم يكن نتيجة لاعتبارات فلسفية فقط، إذ لم يكن هناك أي اعتراض فلسفي على الهيئة البطلمية للشمس كما رأينا. وفي الواقع، إنني لا أعرف فلكياً آخر أقام أي اعتراض على هيئة الشمس البطلمية، أو أتى بهيئة بديلة عنها.

ولكي أستعرض جميع نشاطات المدرسة المشرقية، سوف أفرد البحث في هيئة ابن الشاطر للشمس، لأنها كانت حقاً فريدة من نوعها ولأنها كانت الهيئة البديلة الوحيدة للشمس. سوف أرسي الأسس التي قام عليها اعتراضه على هيئة بطلميوس للشمس وأتبع ذلك بعرض مقتضب لهيئة ابن الشاطر نفسها. وتوخياً لعدم الإطالة والتكرار، سوف أتلو

---

(٣٤) المصدر نفسه، الورقة ١٠ر.

(٣٥) George Saliba, «Theory and Observation in Islamic Astronomy: The Work of Ibn al-Shāṭir of Damascus (d. 1375),» *Journal for the History of Astronomy*, vol. 18 (1987), pp. 35 - 43.

ذلك بالهيئات التي اقترحت للكواكب الأخرى، الواحدة تلو الثانية، متبعاً في ذلك التسلسل التاريخي لجميع الهيئات التي اقترحت لكل كوكب على حدة.

أ ـ هيئة الشمس لابن الشاطر

لقد اقترح بطلميوس هيئتين للشمس (الشكل رقم (٣ ـ ١)): هيئة تتضمن فلكاً خارج المركز وأخرى تتضمن فلك التدوير. وكانت هاتان الهيئتان مقبولتين من وجهة النظر الفلسفية، لأنهما مكنتا حقاً من وصف حركة الأجسام الطبيعية. ولكن بسبب افتراضات أخرى لهيئة الشمس كان بطلميوس يرى مثلاً أن قطر الشمس المرئي هو دوماً ثابت، وقدره 20 ,31 ;0 درجة، في جميع أبعاد الشمس. وهو بالتالي مساوٍ لقطر القمر المرئي عندما يكون القمر في أبعد أبعاده من الأرض. وبالطبع، فإن هذا الافتراض يعني أولاً أن خروج مركز فلك الشمس، في أفضل حالاته، ذو تأثير لا يعتد به على القطر المرئي للشمس، وهذا ما هو صحيح بشكل تقريبي. وينفي ثانياً إمكانية حدوث الكسوفات الحلقية للشمس، وهذا ما يتعارض مع الأرصاد.

ليس لدينا للأسف النص الواضح الذي وصف فيه ابن الشاطر اعتراضاته على فرضيات بطلميوس هذه. غير أننا نعرف مثلاً، من خلال ملاحظاته، الواردة في كتابه **نهاية السول**[٣٦]، أنه كان يسلم، خلافاً لبطلميوس، بإمكانية حدوث الكسوفات الحلقية[٣٧]. ونحن نعلم أيضاً من نتائجه الرصدية التي أشار إليها فقط في **نهاية السول** أنه كان يعتبر، خلافاً لبطلميوس أيضاً، أن قطر الشمس المرئي متغير. ويحيل ابن الشاطر القارىء إلى أحد كتبه الأخرى، وهو كتاب **تعليق الأرصاد**. والمفروض أن يكون قد حلل فيه هذه الأرصاد بالتفصيل. ولكن، مع الأسف، لم يعثر حتى الآن على هذا الكتاب الذي يعتبر مفقوداً.

وقد أعطى ابن الشاطر، في موضعين مختلفين من **النهاية**[٣٨] قيمة قطر الشمس المرئي كما يلي:

5 ,29 ;0 درجة في الأوج

32 ,32 ;0 درجة في البعد الأوسط

55 ,36 ;0 درجة في الحضيض.

---

(٣٦) لقد أنجز كاتب هذه السطور تحقيقاً علمياً لنص ابن الشاطر هذا، وهو الآن في طور التجهيز للطبع. أما المراجع المثبتة هنا فهي تعيد القارىء إلى: ابن السهل، **نهاية السول في تصحيح الأصول** (مخطوطة مكتبة بودلين، مارش، ١٣٩).

(٣٧) المصدر نفسه، الورقة ٣٨و.

(٣٨) المصدر نفسه، الورقتان ١٢ظ و ٤١و.

وهذا يدل، دون أدنى شك، على أنه كان يعود إلى الأرصاد التي قام هو بها، كما كان هو بنفسه يشير في أكثر من عبارة مثل: «تحرر بالرصد»، و«حققت ذلك بالرصد».

ويقول ابن الشاطر في سياق آخر(٣٩)، إنه رصد الشمس في منتصف الفصول فوجد أن التعديل الأقصى للشمس، الذي يتوقف على مقدار خروج المركز، مختلف عن الذي يمليه بطلميوس. والتعديل الأقصى عند ابن الشاطر هو 6 ,2 ;2 درجة، وذلك يوجب أن يكون مقدار خروج المركز يعادل 7 ;2، عوضاً عن 30 ;2 جزء المقدار الذي أعطاه بطلميوس.

وبما أننا لا نعرف تفاصيل الطرق التي اتبعها ابن الشاطر في رصده، فإننا نفضل الامتناع هنا عن التعليق على إمكانية صدق هذه البيانات أو على مدى صحتها. ولكن نستطيع أن نقول ببساطة ان ابن الشاطر تمكن من إقناع نفسه بأن النتائج التي توصل إليها كانت حقاً أدق من تلك التي توصل إليها بطلميوس، وأن عليه بالتالي أن يجد هيئة تتلاءم مع هذه النتائج التي كانت متعارضة مع الهيئة البطلمية. فقد كان عليه إذن أن يجد هيئة يكون خروج المركز فيها أقل مما كان عليه في هيئة بطلميوس، لكي يؤدي إلى تعديل أقصى أقل. ولكنها يجب أن تسمح للشمس في نفس الوقت أن تقترب كثيراً من الأرض لكي يبدو قطرها على زاوية قدرها 55 ,36 ;0 درجة، وأن تبتعد أكثر عن الأرض ليبدو قطرها على زاوية 5 ,29 ;0 درجة. فيجب أن تكون لنسبة القدر الأعظم إلى القدر الأصغر القيمة التقريبية: 0; 36, 55/0; 29, 5 = 1.26934.

ولكي يتم له ذلك يفترض ابن الشاطر وجود الأفلاك التالية لهيئة الشمس (الشكل رقم (٣ ـ ٩)): (١) الفلك الأول ويسمى الفلك الممثل، نصف قطره ستون جزءاً، ومركزه هو النقطة O مكان الراصد ومركز العالم. وهو يدور على توالي البروج بقدر حركة الشمس الوسطى اليومية وهي 32,3 ,57 ,46 ,51 ,9 ,8 ,59 ;0 درجة في اليوم. ويحمل هذا الفلك فلكاً آخر (٢) يسمى الفلك الحامل، نصف قطره 37 ;4 جزءاً من الأجزاء التي كان بها نصف قطر الفلك الأول ستين جزءاً. ويدور الفلك الثاني حول مركزه بمثل حركة الفلك الأول، ولكن بالاتجاه المعاكس، بحيث يبقى الخط AB دائماً موازياً للخط OCT وبحيث تكون النتيجة التي يحصل عليها هي عينها لو عوض عن خروج المركز OT بفلك تدوير مركزه A كما في الشكل رقم (٣ ـ ٩). أما الفلك الثالث (٣)، فيسمى المدير، ونصف قطره 30 ;2 جزءاً. يديره الفلك الحامل باتجاه خلاف التوالي، بينما يتحرك حول مركزه بالاتجاه المعاكس (أي باتجاه التوالي) بحركة مساوية لضعف حركة الفلك الأول. ويحمل الفلك الثالث الشمس S التي تبدو الآن حسب قضية العرضي التي ستبحث لاحقاً، وكأنها تدور بحركة مستوية حول النقطة C. وأخيراً يحتوي فلك رابع (٤) يسمى الفلك الشامل على جميع هذه الأفلاك ويدور على التوالي بحركة أوج الشمس التي كانت تقدر بدرجة واحدة لكل ستين سنة فارسية.

---

(٣٩) المصدر نفسه، الورقة ٣ظ.

الشكل رقم (٣ ـ ٩)

فنتيجة لهذه الهيئة تتحرك الشمس S بحركة مستوية حول النقطة C، أي يكون خروج المركز OC مساوياً لـ 7 ;2 = 30 ;2 – 37 ;4، وهو أقل من خروج المركز الذي يعادل 30 ;2 عند بطلميوس. وهذا ما يؤدي إلى أطوال مشابهة لتلك التي حصل عليها بطلميوس، وهي التي تصحح لاحقاً بالتعديل الأعظم. ولكن، بخلاف هيئة بطلميوس، تسمح هيئة ابن الشاطر لقطر الشمس المرئي أن يتغير بنسبة قدرها:

$$67; 7 / 52; 53 = 1.26914,$$

التي هي قريبة جداً من النتيجة التي تنبأت بها أرصاد قطر الشمس المرئي. ويضيف ابن الشاطر قائلاً إن للهيئة التي استنبطها فضيلة أخرى إضافية وهي أن جميع الحركات الوسطى تتم حول نقطة O التي هي مقام الراصد، وليس حول مركز الخارج كما هي الحال في الهيئة البطلمية.

ب ـ هيئات أفلاك القمر

لقد رأينا سابقاً (الشكل رقم (٣ ـ ٢)) أن هيئة بطلميوس للقمر تتضمن تناقضين أساسيين. التناقض الأول يكمن في حركة الفلك الحامل الذي يبدو وكأنه يرسم، حسب هيئة بطلميوس، أقواساً متساوية في أزمان متساوية حول مركز العالم وليس حول مركزه،

وذلك محال. والتناقض الثاني يكمن في عدم وجود آلية تسمح لقطر فلك التدوير، الذي يصل بين الذروة الوسطى ومركز التدوير، أن يتصوب دائماً نحو نقطة المحاذاة عوضاً عن مركز الحامل.

والإصلاحات التي قام بها فلكيو القرن الثالث عشر للميلاد تضمنت، فيما تضمنت، عدة اقتراحات لهيئات بديلة عن هيئة بطلميوس للقمر. وقد اقترح إحدى هذه الهيئات عالم الفلك الدمشقي مؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ١٢٦٦م) في وقتٍ ما قبل سنة ١٢٥٩م[٤٠].

(١) هيئة العرضي للقمر

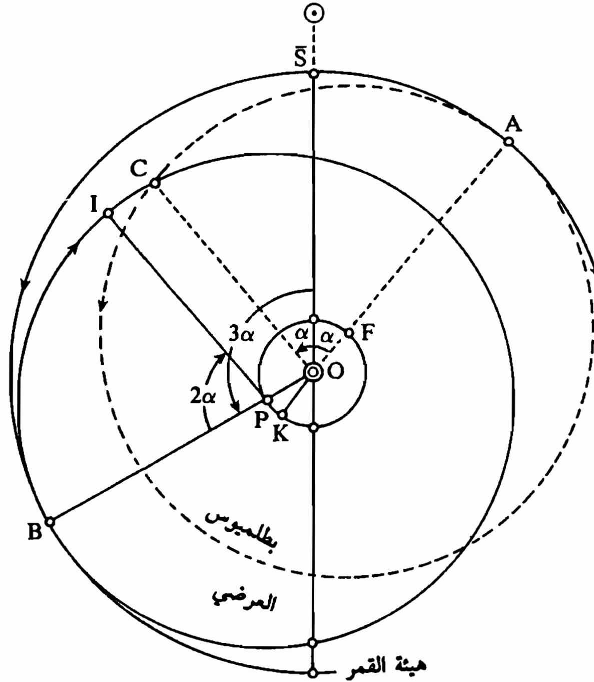
غيّر العرضي، لكي يتجنب المحال الأول، اتجاه حركة الفلك المائل عند بطلميوس، إذ جعله يتحرك، تبعاً لهيئته الجديدة، باتجاه توالي البروج عوضاً عن الاتجاه المعاكس. وينتقل أوج الفلك الحامل، وفقاً لهذا الترتيب الجديد (الشكل رقم (٣ ـ ١٠))، باتجاه توالي البروج إلى النقطة B. ويفرض العرضي أيضاً أن تكون حركة الفلك المائل المطلقة ثلاثة أضعاف الحركة المفروضة في الهيئة البطلمية. ولما كان مركز الفلك المائل موافقاً لمركز العالم، فذلك يعني أن الزاوية SOB مساوية لثلاثة أضعاف الزاوية SOA.

ولما كان الفلك الحامل يتحرك بحركة الفلك المائل باتجاه التوالي، فإن الأوج الذي كان يحمل إلى النقطة A في هيئة بطلميوس ينتقل الآن إلى النقطة B. يفرض العرضي، بعد ذلك، أن الفلك الحامل نفسه يتحرك حول مركزه الذاتي P باتجاه خلاف التوالي، بحركة مساوية لضعف الحركة المطلقة التي يفرضها بطلميوس. وذلك يعني أن النقطة B تتراجع إلى النقطة I، ويصبح الخط PI موازياً للخط OC الذي هو الاتجاه الأصلي لمركز التدوير عند بطلميوس بالنسبة الى مقام الراصد على النقطة O. وتتحقق جميع هذه الحركات، التي أشير إليها حتى الآن، بحركات أفلاكٍ تدور حول مراكزها الذاتية، فلا تناقض بالتالي مبادىء الحركة المستوية. هنا يشير العرضي إلى أن هيئته تصف الحركات الوسطى فقط، تماماً كما تفعل هيئة بطلميوس، وعليه، يجب أن يعتبر اتجاه الخط PI معادلاً لاتجاه الخط OC لأنه موازٍ له. وهكذا يمكن، في إطار هذه الهيئة، أن يتحرك مركز التدوير نحو نفس الموضع المفروض في هيئة بطلميوس، دون أن يحصل التناقض الأول المذكور أعلاه.

---

(٤٠) لتاريخ أعمال العرضي، انظر: George Saliba, «The First Non - Ptolemaic Astronomy at the Maraghah School,» *Isis*, vol. 70, no. 254 (December 1979), pp. 571 - 576, and مؤيد الدين العرضي، **تاريخ علم الفلك العربي، مؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ٦٦٤هـ ـ ١٢٦٦م): كتاب الهيئة**، تحقيق وتقديم جورج صليبا، سلسلة تاريخ العلوم عند العرب؛ ٢ (بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية، ١٩٩٠).

وتسمح الهيئة الجديدة كذلك بتجنب التناقض الثاني الخاص بنقطة المحاذاة، إذ يستطيع المرء أن يرى الآن أن الخط PI يمر بالنقطة K في الشكل رقم (٣ ـ ١٠) التي هي عادة قريبة جداً من النقطة N في الشكل رقم (٣ ـ ٢). وهكذا يبدو هذا الخط على النقطة I وكأنه آت من نقطة المحاذاة عند بطلميوس N. فنتيجة لذلك تكون الذروة الوسطى، في هذه الهيئة، نقطة ثابتة هي نقطة التماس المشتركة بين فلك الحامل وفلك التدوير، وتقع بشكل طبيعي على طرف الخط الواصل بين مركزي الحامل والتدوير.



الشكل رقم (٣ ـ ١٠)

وهكذا استطاع العرضي، بتغييره لاتجاه الحركة وبتعديله لقيمتها، أن يحافظ على أرصاد بطلميوس وأن يحصل على الحركات المتوقعة للقمر دون أن يتنازل عن المبادىء الطبيعية التي كان بطلميوس نفسه يقبل بها. وكان العرضي يدرك تمام الإدراك أهمية الخطوة الكبرى التي حققها، والاختلاف الذي كان يفصل هيئته عن هيئة بطلميوس. ولكنه لم يعر ذلك اهتماماً، بل كان ينصح القارىء بأن يأخذ أرصاد بطلميوس فقط على أنها واقعة حقاً، وأن لا يأخذ بالطرق الرياضية ـ مثل اتجاه الحركة وكميتها ـ التي استخدمها بطلميوس في تعليله لهذه الأرصاد. فهذه الطرق الرياضية، حسب رأي العرضي، ليست إلا حدساً حدسه بطلميوس، ولا يجب التقيد بها، لأنه ليس هو أولى بالحدس من غيره.

يعود العرضي بعد ذلك إلى مسألة الاختلاف بين هيئته وهيئة بطلميوس، فيحسب الاختلاف في التعديل الذي يحصل نتيجة الاختلاف بين نقطتي المحاذاة في الهيئتين. ويصل، بعد نقاش طويل، إلى أن الفرق بين التعديلين لا يتعدى الدقيقتين والنصف. وهذا ما يعتبره العرضي مباحاً لأن بطلميوس كان قد أباح لنفسه التساهل بأربع دقائق مبرراً ذلك بأن مثل هذا الفرق قد يفوت حتى الراصد الماهر. لذلك أحس العرضي بالارتياح للهيئة التي ابتدعها، وحث القارىء على القبول بها وعلى رفض هيئة بطلميوس التي اتضح أنها نسيج من التناقضات.

إن البديل عن الهيئة التي أتى بها العرضي، يرتكز، حسب كلامه، على القبول بوجود أفلاك تتحرك حركات غير مستوية حول مراكزها: «وإن نحن سلمنا أن فلكاً يتحرك على مركزه فيبطىء تارة ويسرع أخرى، فلا حاجة بنا إلى شيء من جميع ما تكلفوه من أمر الهيئة. ويكون حاصل هذا الأمر إنما هو معرفة تعديل الحركات بواسطة تخيل أشياء باطلة»[٤١].

(٢) هيئة الطوسي للقمر

ناقش الطوسي هيئة بطلميوس للقمر في الفصل السابع من الباب الثاني من أشهر كتاب له في علم الفلك وهو كتاب **التذكرة في علم الهيئة**. وقد أشار، عند وصوله إلى المواضع الصعبة من ذلك الفصل، إلى أن هذه الهيئة تتضمن بعض المشاكل وأنه ينوي معالجتها فيما بعد. ولقد كرس في الواقع، بعد أن أنهى عرض الهيئات الخاصة بالكواكب العليا وبكوكب عطارد، فصلاً خاصاً لمعالجة معظم تلك المشاكل التي لاقاها إلى ذلك الحين. وتتبين لنا فعالية الخطة التي اتبعها الطوسي عندما نرى أن الهيئة التي تبناها لحركات القمر كانت تشمل في نفس الوقت حلاً لحركات الكواكب العليا، وبالتالي فقد وضعها في آخر السياق ليعالج الهيئتين معاً في آن واحد.

إن المشكلة الأساسية في هيئة بطلميوس للقمر، حسب فهم الطوسي لها، هي أن تلك الهيئة لا تسمح لمركز فلك التدوير بالاقتراب من مركز العالم وبالابتعاد عنه دون إدخال الآلية التي استخدمها بطلميوس. لنفرض أنه يمكننا بطريقة ما، أن نبقي مركز الفلك الحامل منطبقاً على مركز العالم، وأن نسمح للخط الواصل بين مركزي الفلك الحامل وفلك التدوير أن يقصر عندما يكون القمر في التربيع وأن يطول في الاجتماع والاستقبال. عندئذ يمكن أن يتحرك الفلك الحامل بحركة مستوية حول مركزه، ويمكن في نفس الوقت تعليل الاختلافات الكبرى في التعديل الناتج عن قطر التدوير.

وإذا توهمنا المشكلة على هذا النحو، يمكن تلخيصها على أنها مشكلة إيجاد آلية تسمح

(٤١) انظر: العرضي، المصدر نفسه، ص ١٣٧.

لكمية متجهية بأن تقصر وتطول نتيجة لحركة دائرية فقط. وبكلام آخر، تحل هذه المشكلة إذا أمكن وجود متجه يتأرجح طرفه إلى الأمام وإلى الوراء نتيجة لحركة دائرية مستوية. وهذه المشكلة هي نفسها التي أشرنا إليها سابقاً والتي واجهها بطلميوس في تأرجح السطوح التي استخدمها في هيئة حركة الكواكب في العرض ما عدا القمر. ولقد اقترح الطوسي، في هذا السياق، آلية جديدة ورد وصفها في أحد كتبه الأخرى المشهور بـ **تحرير المجسطي** الذي ألفه سنة ١٢٤٧م. وقد استطاع بواسطتها أن يثبت أطراف الأقطار المتأرجحة على دائرتين متساويتين ـ وهما اللتان تم وصفهما فيما بعد بـ «مزدوجة الطوسي» ـ وجعل تلك الأطراف تتأرجح باتجاه خطي ناتج عن حركة دائرية. ولم يبق على الطوسي إلا أن يعمم ذلك الحل الذي اقترحه لحركة الكواكب في العرض لينطبق على المتطلبات الخاصة بهيئة القمر، وأن يطبقه بالتالي على هيئة الكواكب العليا.

فلا عجب إذاً في أن يبدأ الطوسي الفصل الذي خصصه لعرض الهيئات البديلة ببسط النظرية التي سميت لاحقاً بـ «نظرية مزدوجة الطوسي» وبإيراد البرهان عليها. جاء ذلك في الفصل الحادي عشر من الباب الثاني من كتاب **التذكرة** المشار إليه سابقاً.

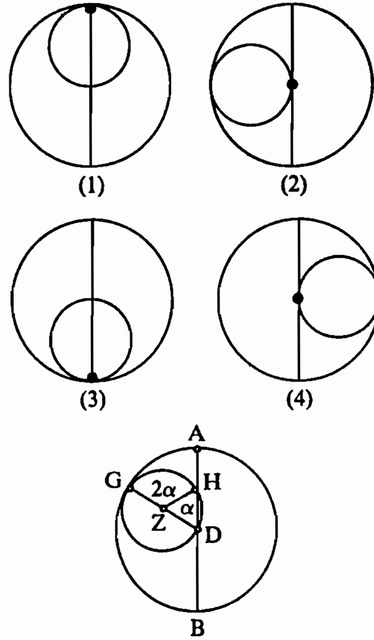
لقد ورد ذكر هذه النظرية، في أول الأمر، في حالة خاصة هي حالة السطح المستوي، وعممت لاحقاً لتشمل سطح الكرة(٤٢). ويمكن صياغة هذه النظرية، في حالة السطح المستوي، على الشكل التالي: لنأخذ دائرتين (الشكل رقم (٣ ـ ١١)) بحيث تكون إحداهما مماسة للأخرى من الداخل ويكون قطرها مساوياً لنصف قطر الدائرة الأخرى الشاملة للأولى. لنفرض أن الدائرة الصغيرة الداخلية تتحرك باتجاه مخالف لحركة الدائرة الشاملة، وبسرعة تكون ضعف سرعة الكبرى، ولنأخذ النقطة التي تكون أولاً على طرف قطر الدائرة الكبرى وعلى محيط الدائرة الصغرى، أي نقطة التماس. فإن هذه النقطة تتردد على طول قطر الدائرة الكبرى وبين طرفيه.

يشير الطوسي، بعد برهان هذه النتيجة، إلى أنه عوضاً عن هاتين الدائرتين يمكن أخذ كرتين يكون قطراهما ووضعهما بالنسبة الى بعضهما البعض مساوياً لوضع الدائرتين المذكورتين. ولو صح ذلك لأمكن أن تكون ثخانة هاتين الكرتين كافية لاحتواء كرات أخرى مثل فلك تدوير القمر في هيئة بطلميوس. وقد فرض الطوسي أن فلك تدوير القمر محوي ضمن كرتين متماثلتين، وجعل المركز الأصلي للتدوير مطابقاً لنقطة التماس الأصلية. وهذا ما يسمح لمركز فلك تدوير القمر بأن يتردد على طول قطر الكرة الكبرى. وبالتالي لم يعد هناك حاجة للفلك الحامل الخارج المركز في هيئة بطلميوس، ولا للآلية التي

---

(٤٢) لقد أصدر البارون كارا دو فو (Le Baron Carra de Vaux) ترجمة بالفرنسية لهذا الفصل المتضمن للقضية المذكورة، كما صدرت ترجمة للفصل نفسه بالإنكليزية ضمن: Faiz Jamil Ragep, «Cosmography in the Tadhkira of Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī,» (Unpublished Doctoral Dissertation, Harvard University, Department of History of Sciences, 1982), pp. 95 ff.

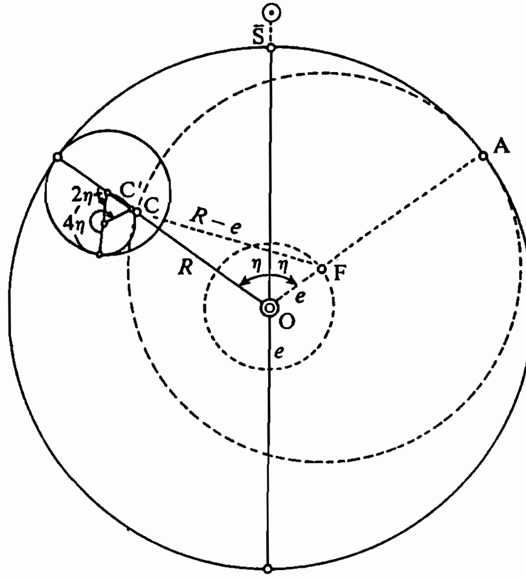
أضافها، لأن استخدامهما كان قد تم لتقريب فلك تدوير القمر من الأرض في حال التربيع ولإبعاده عنها في الاجتماع والاستقبال.



الشكل رقم (٣ ـ ١١)

ولو نسبنا إلى هاتين الكرتين حركات مماثلة لتلك التي وجدها بطلميوس بالرصد، لاستطاع المرء أن يجد هيئة (الشكل رقم (٣ ـ ١٢)) يتحرك فيها الفلك الحامل للقمر بحركة مستوية حول مركز العالم، وذلك لحل الإشكال الأول في هيئة بطلميوس، ويقترب فيها مركز التدوير من الأرض في حال التربيع ويبتعد عنها في الاستقبال والاجتماع ليؤدي، ولو بشكل تقريبي، إلى التعديلات القصوى التي رصدها بطلميوس. وبالنسبة الى نقطة المحاذاة، يستخدم الطوسي «مزدوجة» كروية شبيهة بـ «المزدوجة» المستوية، تمكن طرفي قطر التدوير من التردد باتجاهين مختلفين على قوس تعادل غايتها الاختلاف الأقصى الذي وجده بطلميوس.

ويبرهن الطوسي، بعد ذلك، أن مسار مركز فلك التدوير حول الأرض ليس بدائرة مع أنه يشبه الدائرة. وبعد التيقن من فوائد هذه «المزدوجة» يعممها الطوسي ليحل بها إشكال هيئة الكواكب العليا، التي سيأتي ذكرها لاحقاً، ويستخدمها في هيئة الكواكب في العرض كما ألمحنا سابقاً.



الشكل رقم (٣ ـ ١٢)

(٣) هيئة القمر لدى قطب الدين الشيرازي (المتوفى سنة ١٣١١م)

يبدأ الشيرازي مناقشة هيئة القمر في كتابه **نهاية الإدراك**[٤٣]، ورقة ٥٤ و وباستعراض عام للشروط التي تتضمنها هيئة بطلميوس. ويخلص إلى القول بأن هيئة القمر البطلمية تصف بشكل جيد الظواهر الرصدية. وبعد أن يعطي قائمة مفصلة بالأرصاد التي تتطلب أفلاكاً في هيئة القمر يعود ويعطي عدد الأفلاك التي لا يمكن الاستغناء عنها في هذه الهيئة. ثم يكرس القسم التالي لحركات هذه الأفلاك المختلفة ولكيفية تركيبها كي ينتج عنها النتائج الرصدية المتعددة، وهو يعطي في كل حالة الحركات الوسطى لهذه الأفلاك. وينتقل تواً، بعد هذا الملخص إلى بحث الاختلافات التي يمكن رصدها بين حركات القمر الوسطى والحقيقية. ويعطي، في نفس هذا الفصل، مقادير المعادلات القصوى التي هي بدورها مثل مقادير الحركات الوسطى التي أعطاها بطلميوس.

ويعود الشيرازي ويلخص، على الورقة ٦٠ و الاعتراضات التي أثيرت حول الهيئة البطلمية التي ما كاد ينتهي من وصفها. وهو، في الواقع، يورد الاعتراضين المشهورين اللذين أشير إليهما سابقاً، وهما المحال الناتج عن حركة الفلك الحامل الذي يدور حول

(٤٣) نستخدم في هذه الدراسة مخطوطة كوبرولو (Koprülü) رقم (٦٥٧) المؤرخ في العشرين من جمادى الأولى سنة ٦٨١ للهجرة الموافق لـ ٢٧ آب/ أغسطس ١٢٨٢، أي في الزمن الذي عاش فيه الشيرازي (المتوفى سنة ١٣١١).

مركزه الذاتي بينما يقطع أقواساً متساوية في أزمان متساوية حول مركز العالم، ومحال نقطة المحاذاة.

ويشير بعد ذلك سريعاً إلى إمكانية الرد على هذه الاعتراضات. فيقول إن أحد هذه الردود، الخاص بالاعتراض على حركة الحامل المستوية حول مركز العالم وليس حول مركزه الذاتي، هو ذلك الذي كان قد أورده في بحثه لـ «أصل الكبيرة والصغيرة» ـ وهذه إشارة واضحة إلى «مزدوجة الطوسي». وإذا نظرنا إلى وصفه لهذا الأصل، وإلى كيفية استخدامه للرد على الاعتراض الذي أثير حول الهيئة البطلمية، بدا لنا بوضوح تام أنه كان يلخص فقط الحل الذي أورده الطوسي في الفصل الحادي عشر من الكتاب الثاني من **التذكرة** الذي أشير إليه سابقاً. وحتى المصطلحات التي تم استخدامها، هي نفسها تلك التي استخدمها الطوسي، بحيث يمكن القول إن الحل الذي أورده الشيرازي في ذلك الموضع من كتاب **النهاية** هو، على أحسن تقدير، إعادة لصياغة حل الطوسي.

ويقول الشيرازي عن الاعتراض الخاص بنقطة المحاذاة إنه «محل نظر» ويؤكد أن حله صعب. ثم يقول، وبدون أن يستعيد نص الطوسي في هذا المضمار، إن الرد على هذا الاعتراض يمكن أن يتم باستخدام الأصل التاسع ـ مشيراً بذلك إلى أصل كان قد أورده سابقاً ـ الذي يسميه هنا «أصل الميل». من جهة أخرى، لا يقدم الشيرازي وصفاً كافياً لكيفية استخدام هذا الأصل لحل إشكال المحاذاة، خاصة وأنه قد طبق مبدئياً على حركات الكواكب في العرض. كذلك لا يظهر لنا بشكل واضح كيف استطاع الشيرازي أن يطبق هذا الأصل على هيئة الطوسي. ثم يتابع القول ويتعرض إلى معطيات الهيئة البطلمية التي أوجبت فرض نقطة المحاذاة.

ثم يستشهد الشيرازي، دون أي إنذار، بنص مستفيض من كتاب **الهيئة** للعرضي، ويقدمه فقط بالعبارة التالية: «قال بعض أفاضل المتأخرين من أهل الصناعة ههنا»(٤٤). يلي ذلك شرح مفصل لهيئة العرضي للقمر، ويبدو أنها كانت الهيئة المفضلة لدى الشيرازي، لأنه ينهي ذلك الفصل بما يلي: «وهذه هيئة أفلاك القمر وكمية حركاتها وكيفيتها على الوجه المختار المندفع عنه جميع الإشكالات المطابق للأصول الموافق للأرصاد. وليس فيها إلا مخالفة الجمهور، ولا تضر إذا كانت بحق. فإن الحق حبيب والمعلم حبيب، والحق أحب»(٤٥).

---

(٤٤) مخطوطة كوبرولو (Koprülü) رقم (٦٥٧)، الورقة ٦١ ظ.

(٤٥) المصدر نفسه، الورقة ٦٦ و، والجملة الأخيرة من هذا النص هي نفسها التي استشهد بها: العرضي، **تاريخ علم الفلك العربي، مؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ٦٦٤هـ ـ ١٢٦٦م): كتاب الهيئة**، ص١٣٦. انظر أيضاً ص ١١٨ من النص نفسه، حيث يقول العرضي أنه خالف جميع علماء الفلك في ما يتعلق باتجاهات حركات أفلاك القمر وكمياتها («خالفنا فيه جميع أصحاب علم الهيئة»). وفي مقال لاحق، سوف يبين كاتب هذه السطور بشكل دقيق، ما يدين به الشيرازي للعرضي في ما يتعلق بهيئة القمر.

والخلاصة إذاً هي أن الشيرازي الذي كان قد وعد في مقدمة **نهاية الإدراك**، أن يورد مختارات من الحلول المقترحة للرد على الإشكالات التي اعترت الهيئة البطلمية، يورد في حالة هيئة القمر حلين اثنين: أحدهما هو الحل الذي اقترحه الطوسي والذي لم يكن كافياً حسب رأيه لحل الإشكالين معاً، والآخر هو الحل الذي أتى به العرضي والذي يبدو أنه كان حل الشيرازي المفضل.

ولكن الشيرازي يعود ليعطي، في كتاب **التحفة** الذي ألفه لاحقاً، هيئة للقمر خاصة به. ترتكز هذه الهيئة على إمكانية تركيب حركتين مستويتين ينتج عنهما حركة تسمح لمركز التدوير بأن يتحرك بحركة مستوية حول مركز العالم. ويقترح الشيرازي، عوضاً عن الفلك الخارج المركز المعروف عند بطلميوس، فلكاً خارج المركز خاصاً به هو الفلك DHK (الشكل رقم (٣ ـ ١٣))، بحيث يكون خروج مركزه نصف خروج مركز فلك

الشكل رقم (٣ ـ ١٣)

بطلميوس. ثم يجعل هذا الفلك الخارج المركز الجديد يدور باتجاه التوالي وبسرعة تبلغ ضعف سرعة الفلك المائل عند بطلميوس ABG الذي كان يحرك الأوج D باتجاه خلاف التوالي. ويفرض قطب الدين، وجود فلك صغير آخر، على محيط منطقة هذا الفلك الخارج المركز، مركزه H، وقطره مساو لخروج المركز عند بطلميوس. كذلك يفرض أن يتحرك هذا الفلك الصغير بنفس حركة الفلك الخارج المركز الجديد وبنفس الاتجاه. وهذا

ما يسمح لمركز فلك التدوير E الواقع على منطقة هذا الفلك أن يقترب جداً من مركز فلك التدوير البطلمي القديم C، وأن يتحرك بحركة مستوية حول مركز العالم.

إن لهذه الهيئة الجديدة بعض الحسنات. وذلك أن المرء يستطيع بواسطتها أن يثبت أن مركز التدوير الجديد يبدو وكأنه يتحرك بحركة مستوية حول مركز العالم O، بينما هو يدور في الواقع بحركة مستوية حول النقطة H التي هي مركز حامله الصغير الخاص به. والنقطة H تتحرك بدورها بحركة مستوية حول النقطة F التي هي أيضاً مركز الحامل الخاص بالنقطة H ومركز الفلك الخارج المركز الجديد الذي اقترحه الشيرازي. ولكي يثبت أن هذه العلاقة قائمة حقاً، يستخدم الشيرازي نظرية كان قد اقترحها أولاً مؤيد الدين العرضي. وسوف نأتي على ذكر هذه النظرية فيما يلي تحت اسم «قضية العرضي». لقد مكنت هذه الهيئة الجديدة من حل الإشكال الأول الذي أثير حول حركة الفلك المستوية في هيئة بطلميوس والتي تتم حول مركز مغاير لمركز الفلك الخاص به.

إلا أن هذه الهيئة لم تحل الإشكال الثاني، وهو إشكال نقطة المحاذاة. فقد بقي الشيرازي صامتاً بخصوص هذا الإشكال، في الفصل العاشر من **التحفة**، ثم رجع إليه في نهاية الفصل الثاني عشر من الكتاب نفسه. غير أنه لم يتمكن هناك أيضاً، على ما يبدو، من إيجاد حلٍ وافٍ لهذا الإشكال الثاني. وهذا ما أكده العالم الفلكي اللاحق، عبيد الله بن مسعود بن عمر صدر الشريعة (المتوفى سنة ٧٤٧ للهجرة، الموافق سنة ١٣٤٦ ـ ١٣٤٧ للميلاد) الذي حاول أن يحل هذه المسألة بالذات في هيئة الشيرازي[٤٦]. وذلك أنه قال في معرض حديثه عن مؤلف كتاب **التحفة**: «وأما المحاذاة، فقد أطنب فيه الكلام. والظاهر أنه لا طائل تحته. ومآل كلماته أن حركة الخارج وحدها كافية في اختلاف الذروتين ولا شك أنه ليس كذلك»[٤٧]. إن العمل الموسوعي الذي قام به صدر الشريعة نفسه لم يدرس حتى الآن دراسة وافية، ولذلك لا نستطيع أن نحكم الآن بمدى نجاحه في تعديل هيئة الشيرازي. ويبدو أنه قد اقترح (انظر الشكل رقم (٣ ـ ١٤)) إضافة فلك آخر ـ نصف قطره r_1 ـ يقع على طرف نصف قطر فلك تدوير، نصف قطره الذاتي 52 ;0 جزءاً بالأجزاء التي يكون بها نصف قطر الفلك المائل ستين جزءاً. ومن المفروض أن يدور

(٤٦) في ما يتعلق بهذا العالم الفلكي، انظر: Heinrich Suter, *Die Astronomischen Tafeln des Muhammed Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Ahmed al-Madjrīṭī und der latein*, Übersetzung des Athelhard von Bath auf grun der vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen... hrsg und Kommentiert von H. Suter (Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1914), p. 165, no. 404.

أما الكتاب الذي اعتمدناه في هذه الدراسة فهو كتاب **التعديل في الهيئة** لصدر الشريعة المحفوظ حالياً في المتحف البريطاني، إضافي ٧٤٨٤، الورقة ٢٧ وما بعدها، وهو جزء من كتاب **تعديل العلوم** للمؤلف نفسه.

(٤٧) المصدر نفسه.

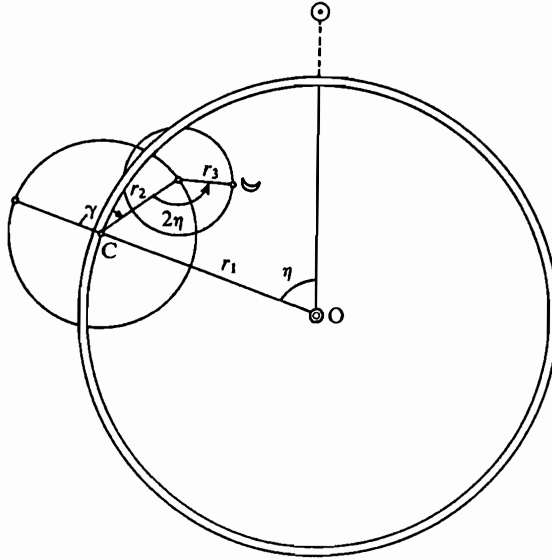
هذا الفلك الإضافي بنفس الحركة التي يدور بها الفلك الحامل وبنفس الاتجاه، أي بالاتجاه المخالف لاتجاه فلك التدوير. وهكذا يؤدي هذا المتجه الصغير إلى زيادة الاختلاف بمقدار يتناسب مع المعادلة الأولى في المواضع المتوسطة بين الاجتماع والاستقبال من جهة والتربيع من جهة أخرى، ويبقيه على حاله، أي يكون ذا قيمة تعديلية تساوي الصفر، في مواضع الاجتماع والاستقبال والتربيع. ويسمح فلك التدوير الصغير هذا بزيادة نصف قطر فلك التدوير ليبدو أكبر أثناء التربيعات، وأصغر أثناء الاجتماع والاستقبال، وفقاً للأرصاد البطلمية.

الشكل رقم (٣ ـ ١٤)

أما عالم الفلك الدمشقي، ابن الشاطر (المتوفى سنة ١٣٧٥م)، الذي كان معاصراً لصدر الشريعة، والذي كان أكثر منه شهرة وأكثر نجاحاً، فقد اقترح عدة هيئات جديدة لا تشوبها نفس الشوائب التي ألمّت بها الهيئة البطلمية، وكانت هذه الهيئات في بعض الأحيان قريبة جداً ـ بل حتى مطابقة كما في هيئة القمر هذه ـ للهيئة التي ارتآها كوبرنيكوس بعد قرنين من الزمن.

(٤) هيئة القمر لابن الشاطر[٤٨]

إن المنهج الذي سلكه ابن الشاطر في هيئة القمر، وفي هيئات الكواكب الأخرى يتمحور حول اهتمامه الدائب في الاستغناء المطلق عن الأفلاك الخارجة المراكز. ونتيجة لهذا المنهج، لم يقبل الآلية التي اقترحها بطلميوس، لأنها السبب المستبب لتلك الإشكالات في الدرجة الأولى، على الرغم من أنها تسمح بتفسير الاختلاف الحاصل في معادلة القمر حين انتقاله من الاجتماع أو الاستقبال بالنسبة الى الشمس إلى التربيع معها.



الشكل رقم (٣ ـ ١٥)

وقد اقترح ابن الشاطر هيئة جديدة لحل إشكالات القمر. تشتمل هيئة القمر هذه (انظر الشكل رقم (٣ ـ ١٥)) المرسومة بنسب غير حقيقية، الأفلاك التالية:

ـ الفلك الممثل الموافق المركز بالنسبة الى فلك البروج، والذي ينطبق مركزه بالطبع على مركز العالم O، نصف قطره تسعة وستون جزءاً[٤٩].

---

(٤٨) انظر: Victor Roberts, «The Solar and Lunar Theory of Ibn ash-Shāṭir: A Pre - Copernican Copernican Model,» *Isis*, vol. 48, no. 154 (December 1957), pp. 428 - 432, وخصوصاً ص ٤٣٠ ـ ٤٣٢ حيث يوجد عرض مختصر لهذه الهيئة.

(٤٩) في النسخة الأولى من كتاب نهاية السول في **تصحيح الأصول** حيث اقترح ابن الشاطر هيئته الجديدة للمرة الأولى، يساوي نصف قطر هذا الفلك ٦٧ جزءاً.

ـ الفلك المائل الذي يكون ميل منطقته بالنسبة الى منطقة الفلك الممثل ثابتاً وقيمة ميله لا تتعدى خمس درجات. وينطبق مركز هذا الفلك مع مركز العالم O الذي هو أيضاً مركز الممثل، ويكون نصف قطره r_1 ستين جزءاً. أما منطقة هذا الفلك فتقطع منطقة الفلك الممثل على نقطتين تسميان بالعقدتين. ونصف قطر السطح المقعر لهذا الفلك يبلغ واحداً وخمسين جزءاً[٥٠].

ـ الفلك الثالث الذي يبلغ نصف قطره $r_2 = 8; 16, 27$ (ثمانية أجزاء وست عشرة دقيقة وسبعاً وعشرين ثانية)[٥١] يفترض مغرقاً في الفلك المائل ويسمى كرة التدوير[٥٢].

ـ والفلك الرابع الذي يبلغ نصف قطره $r_3 = 1; 41, 27$ يفترض مغرقاً في فلك التدوير، ويسمى بالفلك المدير. أما القمر فيكون مغرقاً في الفلك المدير ونصف قطره يساوي 54 ,32 ;0 جزءاً.

ولما كان الفلك الرابع مغرقاً في الفلك الثالث، وكان نصف قطر القمر المغرق في الفلك الرابع مساوياً لـ 27 ,16 ;0 جزءاً، تحصل المقادير التالية عند تمثيل هذه الهيئة بالدوائر البسيطة: يكون نصف قطر الدائرة الثالثة 35 ;6 جزءاً، ونصف قطر الدائرة الرابعة 25 ;1 جزءاً، ويكون نصف قطر القمر 27 ,16 ;0 جزءاً.

أما حركات هذه الأفلاك فهي كما يلي:

ـ يتحرك الفلك الممثل حول مركز العالم باتجاه مخالف لتوالي البروج بسرعة تساوي سرعة العقدتين، وهي 27 ,38 ,10 ,3 ;0 درجة في اليوم. ولأن هذا الفلك يحمل جميع أفلاك القمر الباقية فهو طبعاً يحركها بحركته.

ـ يتحرك الفلك المائل حول مركز العالم كالفلك الأول، ولكن باتجاه توالي البروج، وبسرعة قدرها 40 ,39 ,45 ,13 ;13، وهي تعادل مجموع سرعة القمر الوسطى في الطول وسرعة العقدتين. نتيجة لذلك يتحرك مركز تدوير القمر باتجاه توالي البروج بحركة تعادل حركة القمر الوسطى في الطول، وهي 13 ,1 ,35 ,10 ;13.

ـ أما الحركة الثالثة، وهي 18 ,46 ,53 ,3 ;13 درجة في اليوم، فهي حركة فلك التدوير الذي يدور حول مركزه الخاص به، وهي باتجاه خلاف توالي البروج في القسم الأعلى من التدوير. وكانت هذه الحركة تسمى سابقاً حركة القمر الخاصة، وكان مبدأها من ذروة التدوير المرئية.

(٥٠) لم يرد هذا القياس في النسخة الأولى من نهاية السول في تصحيح الأصول.

(٥١) هذه المقادير أيضاً لم ترد في النسخة الأولى من نهاية السول في تصحيح الأصول.

(٥٢) يضيف في النسخة الأولى من نهاية السول في تصحيح الأصول ملاحظة مفادها أنه يجب ألا يخلط بين فلك التدوير هذا وذلك الذي اشتهر بهذا الاسم لأنهما مختلفان.

ـ الحركة الرابعة، التي تحرك معها القمر على منطقة الفلك المائل، هي حركة المدير، وهي حركة بسيطة باتجاه توالي البروج حول مركز المدير ذاته، وتعادل 23 ,53 ,22 ;24 درجة في اليوم، وهذا ما يساوي أيضاً ضعف البعد بين موضعي القمر والشمس الأوسطين.

إن هذه الهيئة ترد على الإشكالين اللذين أثيرا على هيئة بطلميوس، لأنها تسمح بتعليل جميع الاختلافات المرصودة للقمر، بينما تكون تلك الحركات جميعها ناتجة عن حركات أفلاك حول مراكزها الخاصة بها. فعندما يكون القمر في حالة الاجتماع مع الشمس (الشكل رقم (٣ ـ ١٥))، تكون جميع المراكز على الخط المستقيم المار بالشمس، أو كما يفضل ابن الشاطر أن يقول، تكون جميعها على الخط المستقيم المار بمركز العالم وبتلك النقطة المتوهم ثباتها من فلك البروج، أي نقطة الأوج. وعندما يتحرك الفلك المائل، باتجاه توالي البروج، يتحرك فلك التدوير بالاتجاه المعاكس. وهكذا تتلاءم هاتان الحركتان مع ظاهرة بعد القمر وحركته الخاصة. أما ظاهرة التفاوت فيمكن تعليلها بحركة المدير الذي يتحرك بضعف حركة الفلك المائل، ويحمل القمر إلى حضيض المدير، أي باتجاه الأرض، وهو اتجاه الأوج عندما يكون القمر في الاجتماع مع الشمس، وإلى أوج المدير عندما يكون القمر في التربيع مع الشمس. وهذا ما يسمح لتعديل القمر بأن يزداد من 10 ;5، وهو القدر الذي رصده بطلميوس أثناء الاجتماع (وهو 56 ;4 حسب رصد ابن الشاطر)، إلى أن يبلغ غايته القصوى 40 ;7 أثناء التربيع.

ولكن الأهم من ذلك هو أن هذه الهيئة تسمح لمسافة القمر من الأرض بأن تتغير بين حدّي 10 ;5 ,1 جزءاً و50 ;54 جزءاً عندما يكون القمر في الاجتماع والاستقبال، وبين 0 ;8 ,1 جزءاً و0 ;52 جزءاً عندما يكون في التربيع، بنفس الأجزاء التي يكون بها نصف قطر الفلك المائل 60 جزءاً. لذلك تكون هذه الهيئة قد حققت تقدماً هائلاً بالنسبة الى هيئة بطلميوس. ففي هيئة بطلميوس كان يسمح للقمر بأن يقترب من الأرض إلى أن يصل إلى 7 ;34 جزءاً، مما يجعل القمر أثناء التربيعات يبدو للراصد على الأرض وكأنه ضعف حجمه أثناء الاجتماع والاستقبال. وذلك مخالف للرصد. إن هذه النتيجة هي التي أثارت، على الأرجح، اهتمام كوبرنيكوس بهيئة ابن الشاطر، لأنه استخدم نفس المقادير ونفس الهيئة في كتابه *De Revolutionibus*، بينما مر ذكرها بشكل عابر في كتاب ابن الشاطر الذي كان يعرف حق المعرفة تفوق الهيئة التي ابتكرها[٥٣].

ج ـ هيئة الكواكب العليا

إن هيئة بطلميوس للكواكب العليا، التي جاء وصفها سابقاً (الشكل رقم (٣ ـ ٣))، تتضمن إشكالاً واحداً أساسياً، وهو إشكال معدل المسير. وباختصار، فإن هذا الإشكال

---

(٥٣) ابن الشاطر، **نهاية السول في تصحيح الأصول**، الورقة ٣ ظ.

يحصل مبدئياً عندما يفترض أن هناك فلكاً يتحرك بحركة مستوية حول محور لا يمر بمركزه الخاص. وهذا يستحيل طبعاً إذا ما اعتبر الفلك جسماً طبيعياً حقاً كما هو المفروض. وقد اقترح علماء الفلك العرب عدة هيئات حاولوا بواسطتها أن يتحاشوا إشكال معدل المسير هذا الذي تضمنته هيئة بطلميوس[٥٤].

(١) أبو عبيد الجوزجاني (المتوفى حوالى سنة ١٠٧٠م)

إن ما نعرفه حتى الآن هو أن أبا عبيد الجوزجاني، تلميذ ابن سينا ومعاونه، كان أول فلكي فيلسوف خلف لنا رسالة حاول فيها إصلاح هيئة بطلميوس بتقديم حل لإشكال معدل المسير[٥٥]. وفي تلك الرسالة ينبئنا أن ابن سينا كان يدعي ـ كذباً على الأرجح ـ بأنه قد توصل هو أيضاً إلى حل ذلك الإشكال، ولكنه كان يأبى أن يخبر تلميذه به توخياً منه أن يحث الطالب على الوصول إلى ذلك الحل بنفسه. وبمزيج من السخرية والظرف يتابع أبو عبيد كلامه قائلاً: «وأظن أني ما سبقت إلى معرفة هذه المسائل»[٥٦].

نجد في الشكل رقم (٣ ـ ١٦) موجزاً لحل الجوزجاني لمسألة معدل المسير. ويظهر جلياً أنه كان يظن أن باستطاعته أن يستبدل فلك الحامل في هيئة بطلميوس بفلك معدل المسير نفسه ـ الممثل هنا بخط متقطع ـ مما يؤدي إلى نقل حركة فلك التدوير من النقطة H على الفلك الحامل إلى النقطة B المحمولة الآن على فلك تدوير إضافي، نصف قطره e مساو لخروج مركز الكوكب عند بطلميوس. فمن الحسنات الواضحة لهذه الهيئة أنها تسمح لفلك التدوير B أن يتحرك بحركة مستوية حول النقطة H، بينما تتحرك H نفسها بحركة مستوية أيضاً حول T، وتتلاءم بذلك مع متطلبات الحركة المستوية المفروضة. بالإضافة إلى ذلك، إذا جعلنا فلك التدوير الثانوي، الذي مركزه H، يتحرك بنفس حركة الفلك الحامل عند بطلميوس، ولكن بالاتجاه المعاكس، عندها تبدو النقطة B مركز فلك تدوير الكوكب وكأنها تتحرك بحركة مستوية حول معدل المسير D. وهذا ما يتفق مع نتائج الأرصاد.

كان من الممكن أن يكون كل ذلك مقبولاً لو لم تكن المسافة بين النقطة B، مركز فلك تدوير الكوكب، وبين الراصد على نقطة Q هي أيضاً ناتجة عن الأرصاد، ولا يمكن تغييرها

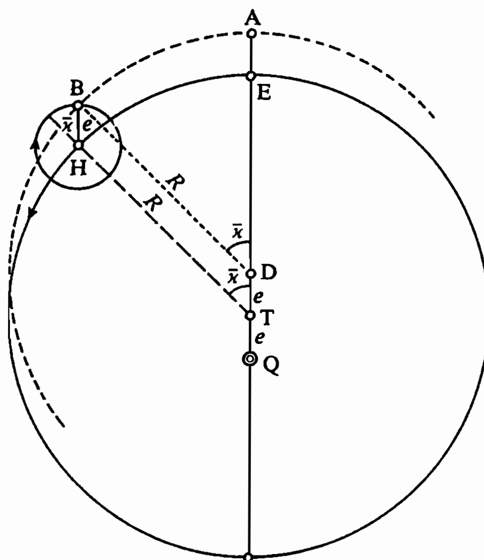
(٥٤) توجد دراسة شاملة لهذا الموضوع في: George Saliba, «Arabic Astronomy and Copernicus,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften*, Bd. 1 (1984), pp. 73 - 87,

والباقي من هذا القسم مأخوذ بمعظمه من هذا المقال.

(٥٥) انظر: George Saliba, «Ibn Sīnā and Abū 'Ubayd al-Jūzjānī: The Problem of the Ptolemaic Equant,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 4, no. 2 (Fall 1980), pp. 376 - 403.

(٥٦) انظر: المصدر نفسه، ص ٣٨٠.

بسهولة. فالحسابات الطويلة والشاقة، الواردة في المقالة العاشرة من كتاب المجسطي، أقيمت خصيصاً من أجل تحديد الأبعاد النسبية في هيئة كل كوكب على حدة، وذلك لجعلها تتلاءم مع نتائج الأرصاد التي سعى بطلميوس بعناء كبير الى أن يحافظ عليها.



الشكل رقم (٣ ـ ١٦)

زد على ذلك أن هيئة الجوزجاني لو كانت قابلة للتطبيق لكان بطلميوس أول من تبناها. وذلك لأنها تبدو فقط وكأنها تعوض عن الفلك الخارج المركز، أي الفلك الحامل، بفلك مطابق للمركز مضافٍ إلى فلك تدوير ثانوي. هذه المعادلة كانت معروفة جيداً لدى بطلميوس. فهو الذي نسبها إلى أبولونيوس، في الفصل الأول من المقالة الثانية عشرة من المجسطي. وكان أيضاً قد استخدمها في الفصل الثالث من المقالة الثالثة، وفي الفصل السادس من المقالة الرابعة، من نفس الكتاب(٥٧). فمن السذاجة أن يعتقد المرء، كما ظن الجوزجاني، أنه يستطيع حل المشاكل الرصدية المتعلقة بمعدل المسير، بإبدال الفلك الخارج المركز بفلك التدوير.

فالمشكلة إذاً ما زالت دون حل، وهي مشكلة إيجاد هيئة تحافظ في آن واحد على أبعاد

(٥٧) انظر: Neugebauer, «The Equivalence of Eccentric and Epicyclic Motion According to Apollonius,» pp. 5 - 21.

الفلك الحامل عند بطلميوس، وعلى تأثير معدل المسير، وتكون ناتجة عن حركات مستوية لأفلاك تدور حول مراكزها الخاصة بها.

(٢) مؤيد الدين العرضي[٥٨]

المشكلة كما رآها العرضي تكمن في كيفية نقل النقطة B (الشكل رقم (٣ ـ ١٧)) في هيئة الجوزجاني لتقترب قدر المستطاع من نقطة Z، أو لتتطابق معها إذا أمكن، علماً بأن ذلك قد يتم باستخدام معادلة أبولونيوس التي ذكرناها سابقاً، والتي تسمح بنقل حركة تحصل على فلك خارج المركز إلى حركة على فلك تدوير محمول على فلك موافق للمركز.

الشكل رقم (٣ ـ ١٧)

وهذا لا يعني بالضرورة أن العرضي قد حاول مباشرة إصلاح هيئة الجوزجاني، لأنه لم يذكر الجوزجاني على الإطلاق، بل قد يعني أنه استخدم مباشرة معادلة أبولونيوس. ولكنه توصل إلى فكرة عبقرية وهي أن ليس عليه أن ينقل مقدار خروج المركز بكامله TD = BH إلى فلك التدوير الثانوي، بل ان ينقل مقدار KD = NB الذي هو نصف ذلك فقط. ولكي يتم له

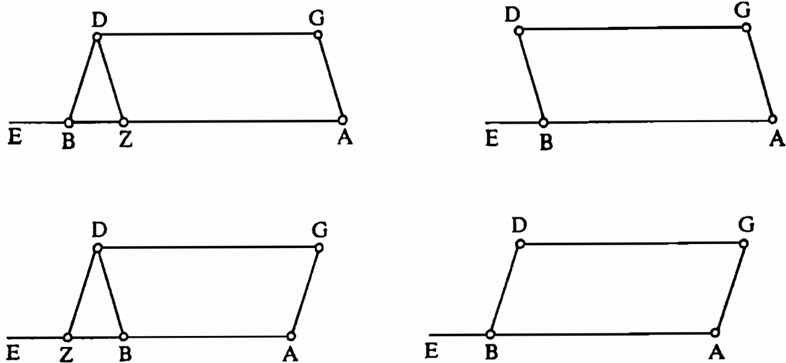
(٥٨) للاطلاع على أعمال هذا المؤلف المحققة، انظر: العرضي، تاريخ علم الفلك العربي، مؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ٦٦٤هـ ـ ١٢٦٦م): كتاب الهيئة، و Saliba, «The First Non - Ptolemaic Astronomy at the Maraghah School,» pp. 571 - 576.

ذلك وليقترب قدر المستطاع من الفلك الحامل في هيئة بطلميوس وجد العرضي أن على فلك التدوير الصغير BOH أن يتحرك بنفس الاتجاه وبنفس القدر الذي يتحرك به الفلك الحامل الجديد، ذو المركز K، الذي تبناه العرضي لتوه. فمن الحركة المركبة من حركة الفلك الحامل الجديد، ذي المركز K، وحركة فلك التدوير الصغير ذي المركز N، يحدث مسار ترسمه النقطة O التي تبقى دوماً ملاصقة جداً لفلك الحامل عند بطلميوس الذي هو EZH. وقد استخدم هذه الطريقة بشكل أو بآخر، بعد اكتشاف العرضي لها، جميع علماء الفلك اللاحقين الذين حاولوا إصلاح هيئة بطلميوس.

وكان على العرضي، لكي يُبقي على تأثير معدل المسير، أن يبين أن المسار النهائي للنقطة O يظهر وكأنه يتم بحركة مستوية حول نقطة معدل المسير D. فكان عليه أن يبرهن أن الخطين OD وNK يبقيان بفضل الشروط المفروضة ـ وهي أن تكون حركة الفلك الصغير مساوية قدراً واتجاهاً لحركة الفلك الحامل المقترح ـ دائماً متوازيين.

ولكي يصل إلى ذلك الهدف، وضع العرضي المسألة على شكل قضية تمهيدية عامة كما يلي: «إن كل خط مستقيم نقيم عليه خطين مستقيمين متساويين في جهة واحدة، فيصيران زاويتين من الزوايا التي تحدث مع الخط، إما الداخلة مع الخارجة، وإما الداخلتين اللتين في جهة واحدة، متساويتين، ثم يوصل بين طرفيهما بخط مستقيم، فإنه يكون موازياً للخط الذي قاما عليه»[٥٩].

الشكل رقم (٣ ـ ١٨) مأخوذ من نص العرضي الذي يبين فيه أن الخط GD يكون

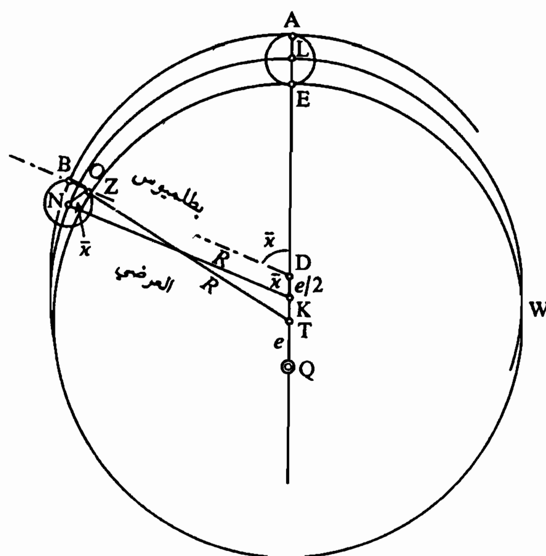


الشكل رقم (٣ ـ ١٨)

(٥٩) انظر: العرضي، المصدر نفسه، ص ٢٢٠ خصوصاً.

دائماً موازياً للخط AB في جميع الحالات التي يشكل فيها الخطان AG وBD زاويتين متساويتين مع الخط AB. فإذا فرضنا أن AG = BD يصبح البرهان فورياً إذا كانت الزاويتان الخارجة DBE والداخلة GAB متساويتين، أو إذا كانت الزاويتان الداخلتان DBA وGAB متساويتين. وذلك لأن رسم الخط DZ الموازي للخط AG يؤدي إلى تطابق كلتا الحالتين، فيتم البرهان عليهما باستخدام الأشكال من رقم ٢٧ إلى ٣٣ من المقالة الأولى من كتاب **الأصول** لإقليدس.

فبعد أن نبين أن الخط OD (الشكل رقم (٣ ـ ١٩)) يكون دائماً موازياً للخط NK،



الشكل رقم (٣ ـ ١٩)

يمكن أخذ النقطة O لتكون مركزاً لفلك تدوير الكوكب، مما يؤدي إلى الاقتراب جداً من الشروط التي فرضها بطلميوس. وكان العرضي مدركاً تمام الإدراك أن المسار الذي تحدثه النقطة O لا ينطبق تماماً على الفلك الحامل عند بطلميوس إلا في الأوج E وفي الحضيض المقابل له. ويجدر بنا أن نستشهد بما قاله في هذا المضمار: «وأما مركز التدوير ـ أعني نقطة المماسة المذكورة [O في الشكل رقم (٣ ـ ١٩)] ـ فقد يخال أنه محمول على الدائرة التي مركزها أقرب من النقطة التي عليها البصر من أجل أن مركز التدوير يكون على هذه الدائرة في بعديه المختلفين ـ أعني أعظم أبعاده من البصر وأقربها منه، وكونه قريباً من محيطها في باقي دورته جداً، فلذلك ظن بطلميوس أن مركز التدوير لازم لمحيطها، وأنه

يرسمها بحركته»[٦٠].

وبدلاً من أن يحسب العرضي الاختلاف بين المسار الناتج عن هيئته والفلك الحامل في هيئة بطلميوس، الذي هو في الحقيقة صغير جداً[٦١]، يفترض العرضي بكل ثقة أن الهيئة التي ارتآها هو هي الهيئة الصحيحة، وأن برهان عكس ذلك يقع على عاتق بطلميوس لأنه هو الذي توهم خطأً أن المسار يتم على دائرة الفلك الحامل. وقد عبر ماستلين (Maestlin) عن نفس هذا الشعور عندما شرح هذه النقطة بالذات في هيئة كوبرنيكوس لتلميذه كبلر (Képler) بعد مضي حوالى ثلاثة قرون: «لأن كوبرنيكوس يبين (V,4) أن المسار ليس دائرياً تماماً. . . وأن بطلميوس كان يتوهم أن مسار الكوكب. . . دائري حقاً»[٦٢]. ومن المهم أن نلاحظ أيضاً أن ماستلين قد برهن هو الآخر حالة خاصة من القضية التي صاغها وبرهنها العرضي، دون أن يثبتها بشكل عام[٦٣].

أما كوبرنيكوس فيورد نفس هذه القضية (V, 4) على النحو التالي: «وهكذا سنبرهن أيضاً أن الكوكب، نتيجة لهذه الحركة المركبة لا يرسم دائرة تامة وفقاً لنظرية الرياضيين القدامى، بل خطاً منحنياً لا يكاد يتميز عن الدائرة»[٦٤].

هكذا نرى أن العرضي وكوبرنيكوس قبلا بهذه الطريقة الجديدة التي يتم بها قسمة خروج المركز عند بطلميوس إلى قسمين متساويين، لأنها سمحت لهما بأن يبقيا على فلك بطلميوس الحامل، وأن يحتفظا بمفعول معدل المسير، كما سمحت لهما بوصف جميع الحركات الواردة في هيئتيهما كحركات مستوية لأفلاك تدور حول مراكزها الخاصة بها، فتجنبا بذلك التناقضات الظاهرة في هيئة بطلميوس. ولكي نتفهم جيداً العلاقة بين هيئة العرضي وهيئة كوبرنيكوس للكواكب العليا، يجب أن نتحرى أولاً الهيئات التي استحدثها، خلال الفترة الزمنية الفاصلة بينهما، كل من قطب الدين الشيرازي (المتوفى سنة

---

(٦٠) انظر: المصدر نفسه، ص ٢٢٢ ـ ٢٢٣.

(٦١) من أجل تحديد الاختلاف الأعظم بين هذين المسارين، انظر: Noël M. Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary,» *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 117, no. 6 (December 1973), pp. 423 - 512 and especially p. 469.

(٦٢) انظر: Anthony Grafton, «Michael Maestlin's Account of Copernican Planetary Theory,» *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 117, no. 6 (December 1973), pp. 523 - 550 and especially p. 526.

(٦٣) انظر: المصدر نفسه، ص ٥٢٨.

(٦٤) انظر: Copernicus, *De Revolutionibus*, translated by Charles Glenn Wallis (Chicago, Ill.: [n. pb.], 1952), p. 743.

١٣١١م) وصدر الشريعة (المتوفى سنة ١٣٤٦/١٣٤٧م) وابن الشاطر الدمشقي (المتوفى سنة ١٣٧٥م).

لقد بيّنا في مقال سابق أن الهيئة التي فضلها الشيرازي كانت مطابقة في الحقيقة لهيئة العرضي[٦٥]، وكانت هي أيضاً الهيئة المعتمدة لدى صدر الشريعة. وهكذا تكون هيئة العرضي كافية تماماً، بالنسبة الى هذين الفلكيين، لحل التناقضات التي تضمنتها الهيئة البطلمية. أما بالنسبة الى ابن الشاطر، فإن الاعتراض الأساسي كان يدور حول قضية الأفلاك الخارجة المراكز. وكما فعل في الهيئة التي ارتآها للقمر، فإنه تمكن هنا أيضاً من إيجاد هيئة تكون مراكز أفلاكها موافقة لمركز الأرض، وتتضمن هيئة العرضي، كما سنرى.

(٣) هيئة ابن الشاطر للكواكب

سنورد فيما يلي النص القصير الكامل لهيئة ابن الشاطر لكوكب زحل. وذلك نظراً للأهمية التاريخية للهيئة التي ابتكرها ابن الشاطر، ولعلاقتها المحتملة بأعمال كوبرنيكوس. والنص مأخوذ من كتاب **نهاية السول** الذي قام بتحقيقه كاتب هذه السطور، والذي لم ينشر بعد. ولا يختلف هذا النص عن ذلك الذي يصف فيه ابن الشاطر هيئة كل من كواكب المشتري والمريخ والزهرة إلا في الأبعاد الحقيقية لكل منها. فالعلاقات العامة التي تعم جميع هيئات الكواكب العليا تم تلخيصها في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠).

يبدأ الباب الثاني عشر، من كتاب **نهاية السول** لابن الشاطر، على النحو التالي:

«في هيئة أفلاك زحل على الوجه الصحيح. يُتوهم من أفلاك زحل فلك ممثل بفلك البروج، في سطحه، حول مركزه، وعلى قطبيه [وهو غير مثبت في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠) للتبسيط].

ويتوهم فلك ثانٍ [ممثل بنصف القطر QH في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)] مائل عن الممثل ميلاً ثابتاً، مقداره جزءان ونصف، مقاطع له على نقطتين متقابلتين، تسمى إحداهما الرأس والأخرى الذنب.

ويتوهم فلك ثالث [ممثل بالدائرة ذات المركز H في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)] مركزه على محيط المائل، ونصف قطره خمسة أجزاء وثمن جزء بالأجزاء التي بها نصف قطر المائل [وهو R في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)] ستين جزءاً، ويسمى الحامل.

(٦٥) انظر: George Saliba, «The Original Source of Quṭb al-Dīn al-Shīrāzī's Planetary Model,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 3, no. 1 (Spring 1979), pp. 3 - 18.

الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)

ويُتوهم فلك رابع مركزه على محيط الحامل [ممثل بالدائرة ذات المركز N في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)]، ونصف قطره 30 ,42 ;1 جزء، ويسمى المدير.

ويُتوهم فلك خامس مركزه على محيط المدير [ممثل بالدائرة ذات المركز O في الشكل رقم (٣ ـ ٢٢)]، ونصف قطره 30 ;6 بتلك الأجزاء، ويسمى فلك التدوير [وهو غير مرسوم على الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)].

ومركز جرم زحل لازم لنقطة على منطقة التدوير».

نستطيع الآن أن نتحقق، وفقاً للأبعاد المثبتة هنا، من العلاقتين التاليتين اللتين تنطبقان على كافة الكواكب العليا الأخرى:

$HN = 3\,e/2$ ، و $NO = e/2$ ، حيث يكون e مساوياً لقيمة خروج المركز عند بطلميوس.

ففي حالة كوكب زحل مثلاً نرى أن $HN = 5\frac{1}{8} = 5;\,7,\,30$ وهي تعادل في الواقع $3NO = 3.\,(1;\,42,\,30)$، وينتج عن ذلك أن $HN + NO = 2\,e = 6;\,50$، وهي تماماً

ضعف خروج المركز عند بطلميوس الذي هو 25 ;3 جزءاً.

أما اتجاهات حركات الأفلاك المثبتة في الشكل رقم (٣ ـ ٢٠)، فهي، تبعاً للمقادير التي أثبتها ابن الشاطر، على النحو التالي:

يتحرك الفلك الأول بسرعة 52 ,09 ,0 ;0 درجة في اليوم باتجاه توالي البروج، وهو غير مثبت على الشكل رقم (٣ ـ ٢٠).

ويتحرك الفلك الثاني بسرعة 17 ,26 ,0 ,2 ;0 درجة في اليوم باتجاه توالي البروج، وهو ممثل بنصف القطر QH.

والفلك الثالث يتحرك بسرعة 17 ,26 ,0 ,2 ;0 درجة في اليوم بعكس توالي البروج، وهو ممثل بنصف القطر HN.

والفلك الرابع يتحرك بسرعة 34 ,52 ,0 ,4 ;0 درجة في اليوم، وهي ضعف سرعة الفلك الثاني، باتجاه التوالي، وهو ممثل بنصف القطر NO.

أما الفلك الخامس فيتحرك بسرعة 22 ,34 ,43 ,7 ,57 ;0 درجة في اليوم باتجاه التوالي، وهو غير ممثل هنا.

يتبين بوضوح، من هذه العلاقات التي تنطبق أيضاً على الكواكب العليا الباقية، أن ما يسميه ابن الشاطر بالفلك الحامل، أي الدائرة ذات المركز H، يتحرك بمثل حركة الفلك المائل، الممثل بنصف القطر QH، ولكن بالاتجاه المعاكس. وهذا يعني عملياً أن قسماً من خروج المركز QK ينقل من المركز إلى المحيط، وذلك باستخدام نفس معادلة أبولونيوس المذكورة سابقاً، والتي استخدمها بطلميوس في الفصل الثالث من المقالة الثالثة من كتاب **المجسطي**. وهكذا فقد استطاع ابن الشاطر أن يحصل بذلك على هيئة موافقة لمركز الأرض حقاً، إذ ان نصف القطر QH يدور الآن حول مركز الأرض نفسها.

ولكي يعوض عن الباقي من خروج المركز، وليحتفظ بالفلك الحامل EZ في هيئة بطلميوس، يفترض ابن الشاطر أن فلك التدوير الصغير، ذا المركز N، يتحرك باتجاه معاكس لحركة الفلك الحامل ذي المركز H، بحيث تكون الزاوية HNO مساوية لـ $2\bar{x}$. وبما أن NH مساوٍ ومواز لـ QK، يكون الخطان NK وQH متساويين ومتوازيين. لذلك فإن الزاوية KNH مساوية لـ $\bar{x}$ وهي بدورها مساوية للزاوية KNO.

ولكن العرضي كان قد أثبت سابقاً في القضية العامة (الشكل رقم (٣ ـ ١٨)) أنه إذا

كان الخطان DK وNO متساويين، وإذا شكل هذان الخطان زاويتين متساويتين مع الخط KN، فإن الخط OD الذي يصل بين طرفيهما يكون موازياً لـ KN، وتصبح النقطة O قريبة جداً من النقطة Z، على الفلك الحامل في هيئة بطلميوس.

وهكذا فإن ابن الشاطر قد مزج، على ما يبدو، نتيجتين اثنتين كانت البحوث السابقة قد أمنتهما له. فقد استخدم أولاً معادلة أبولونيوس لينقل مفعول الخروج عن المركز QK إلى المحيط HN، ثم استخدم النتيجة التي حصل عليها العرضي ليجلب النقطة N قريباً من النقطة O بفضل القضية التي أثبتها العرضي. ولسنا بحاجة لأن نتكهن فيما إذا كان ابن الشاطر على معرفة مباشرة بأعمال العرضي، لأنه يقول بوضوح إنه كان يعرفه، وكان يلومه على احتفاظه بالأفلاك الخارجة المراكز.

والنتيجة النهائية تؤدي إلى فلك قريب جداً من الفلك الحامل عند بطلميوس، وإلى هيئة موافقة لمركز الأرض بدقة متناهية، وسالمة من التناقضات التي اعترت هيئة بطلميوس. فالشكل رقم (٣ ـ ٢١) يبين العلاقة بين هيئة ابن الشاطر المرسومة بالخطوط

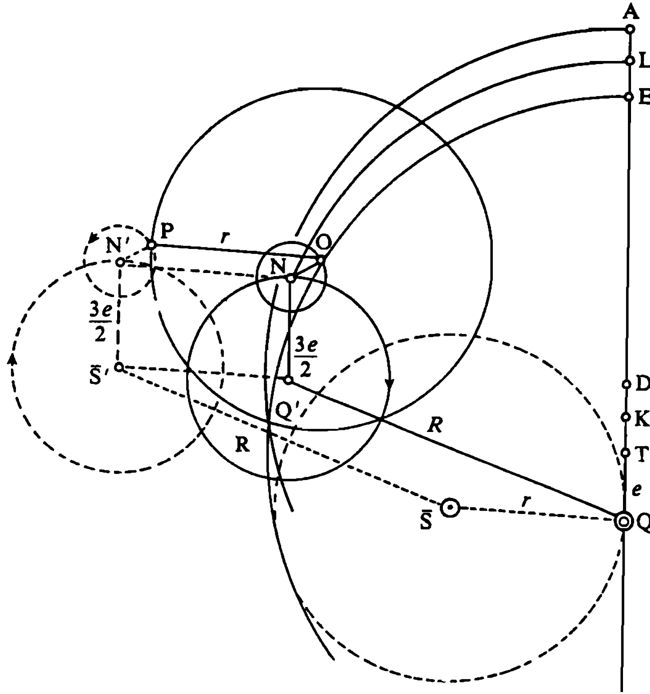
الشكل رقم (٣ ـ ٢١)

المتقطعة وبين هيئة بطلميوس ذات الخطوط المتواصلة. وقد أضيف إلى الشكل الخطان المتقطعان KN وDO للتذكير بهيئة العرضي. وقد بالغت عمداً في تضخيم المسافة بين نقطتي O وZ، وذلك لأنوه فقط على أنهما إجمالاً نقطتان مختلفتان، لا لأوحي بأنه يمكن التفريق بينهما بأية نتيجة من النتائج الرصدية. ففي هيئة المريخ، الكوكب الأعظم خروجاً

عن المركز، تبلغ قيمة الخط OZ مقدار 0.005 فقط إذا كان قدر نصف القطر 60 جزءاً[٦٦].

(٤) ابن الشاطر وكوبرنيكوس

لقد طابقنا في الشكل رقم (٣ ـ ٢٢) بين هيئتي ابن الشاطر وكوبرنيكوس، معتمدين في رسم الهيئة الأخيرة على ما جاء في كتابي كوبرنيكوس *Commentariolus*[٦٧] و *De Revolutionibus* (V,4). ولتسهيل الانتقال بين هيئة كوبرنيكوس المطابقة لمركز الشمس والمرسومة هنا بالخطوط المتقطعة، وهيئة ابن الشاطر المطابقة لمركز الأرض والمرسومة بالخطوط المتواصلة، فلقد أثبتنا الشمس الوسطى S في هيئة ابن الشاطر وأبقينا العلاقات



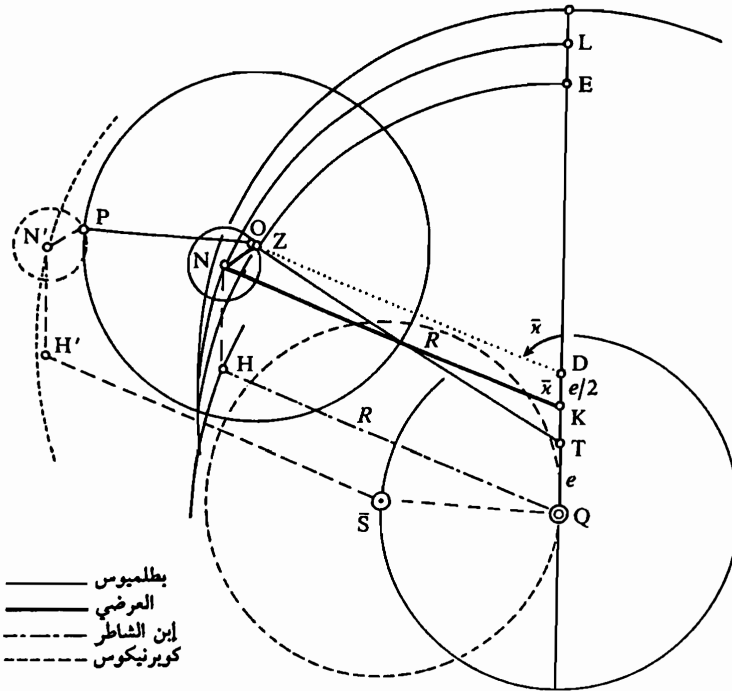
الشكل رقم (٣ ـ ٢٢)

(٦٦) انظر: Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary,» p. 469.

(٦٧) انظر: المصدر نفسه، ص ٤٥٦ وما بعدها.

والحركات الأخرى على حالها. فإذا ثبتنا الشمس الوسطى S تمكنا من تحويل هيئة ابن الشاطر، بجميع أبعادها، إلى الهيئة التي تبنّاها كوبرنيكوس. ولما كنا نعرف أن جمع المتجهات إبدالي، فلا عجب أن تؤدي الهيئتان إلى نفس الموقع للكوكب P، بصرف النظر عن كون الشمس الوسطى أو عن كون الأرض ثابتة.

وختاماً لهذا القسم، لقد رسمنا على الشكل رقم (٣ ـ ٢٣) الهيئات الأربع التي جئنا على ذكرها، وهي هيئات بطلميوس والعرضي وابن الشاطر وكوبرنيكوس، وجعلناها متطابقة على نفس الفلك الحامل في هيئة بطلميوس. لقد أهملنا هيئة الجوزجاني لأسباب بديهية. وكذلك فعلنا بهيئتي الشيرازي وصدر الشريعة لأنهما تبنيا هيئة العرضي. إن التكافؤ بين الهيئات التي استبقيناها واضح بجلاء لأنها جميعها تنبىء بنفس الموقع للكوكب P دون أن تتضمن التناقضات الواردة في هيئة بطلميوس.



الشكل رقم (٣ ـ ٢٣)

يمكن أن تكون العلاقة التاريخية بين العرضي وبطلميوس قد مرت بمحاولة الجوزجاني الأولى. ولكنها قد تكون أيضاً نتيجة للاستخدام الناجح لمعادلة أبولونيوس على يد العرضي

بعد تنصيفه لخروج المركز عند بطلميوس. أما ابن الشاطر فقد أدرك جيداً أهمية هذه النتيجة التي تم الوصول إليها، فاستخدمها بالإضافة إلى معادلة أبولونيوس، ليحصل على هيئته الخاصة به. لقد رأينا أن ابن الشاطر كان على معرفة بأعمال العرضي، وأنه كان يلومه لاحتفاظه بالأفلاك الخارجة المراكز في هيئته. لذلك نستطيع أن نفهم لماذا لم يشعر بضرورة إقامة البرهان على توازي خطي OD وNK (الشكل رقم (٣ ـ ٢٣)) لأن هذا البرهان كان قد أقيم في القضية العامة التي ساقها العرضي (الشكل رقم (٣ ـ ١٨)). وكذلك لم يبرهن كوبرنيكوس على هذا التوازي، مما حدا بماستلين أن يبرهنه مجدداً وبشكل مفصل في رسالته الخاصة إلى كبلر[٦٨].

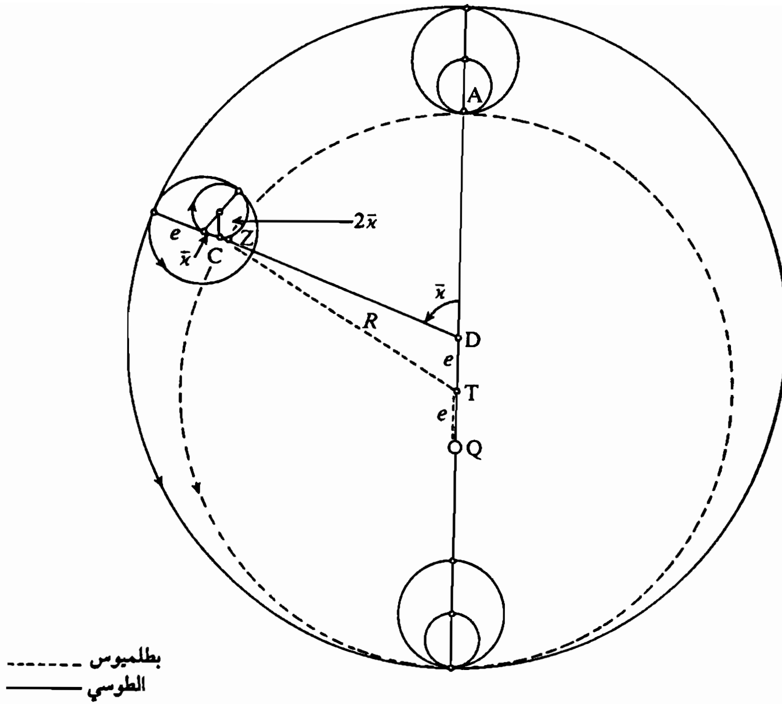
أما مسألة العلاقة المباشرة بين كوبرنيكوس وسابقيه من علماء الفلك المسلمين، وبالأخص بينه وبين ابن الشاطر، فما زالت مسألة معلقة. ولن يتم البتّ بها بطريقة أو بأخرى إلا بعد القيام ببحوث إضافية. ولكنه من الواضح أن الهيئة المكافئة التي ابتكرها ابن الشاطر كانت تستند تاريخياً إلى النتائج العديدة التي توصل إليها العلماء المسلمون السابقون. ويمكن بالتالي تعليلها على أنها استكمال طبيعي تاريخي للأبحاث التي تمت خلال القرون الثلاثة السالفة. أما هيئة كوبرنيكوس فلا نستطيع وصفها بنفس الصفة. وما علينا إلا أن ننكب على دراسة المصادر العربية نفسها لنتمكن من فهم العلاقات بينها بشكل تام لأجل استخدامها في هذا المجال، وأن ننكب على دراسة المصادر البيزنطية، لكي نصل نهائياً إلى استشفاف العلاقة بين كوبرنيكوس وسابقيه من العلماء المسلمين.

(٥) هيئة الطوسي للكواكب العليا

إذا أخذنا بعين الاعتبار علاقة هيئة الطوسي للكواكب العليا بهيئة كوبرنيكوس نجد أن هيئة الطوسي ترتبط بتقليد يختلف عن التقليد الذي ارتبطت به هيئة ابن الشاطر. وذلك أن الطوسي بدلاً من أن ينصّف خروج المركز في هيئة بطلميوس، حسب تقليد العرضي، يعمم هيئته الخاصة للقمر (الشكل رقم (٣ ـ ٢٤))، ويجعل «المزدوجة» تتحرك بحيث يقترب مركز فلك التدوير من معدل المسير عندما يكون فلك التدوير في أوج بطلميوس، ويبتعد عنه عند انتقاله إلى الحضيض. أما «المزدوجة» نفسها فهي محمولة على فلك يطابق مركزه نقطة معدل المسير. ونتيجة لذلك تكون جميع الحركات مستوية حول مراكز الأفلاك الخاصة بها، ولا ينتج عنها أي تناقض من التناقضات التي تضمنتها الهيئة البطلمية.

---

(٦٨) انظر: Grafton, «Michael Maestlin's Account of Copernican Planetary Theory,» pp. 528 ff.



الشكل رقم (٣ ـ ٢٤)

د ـ هيئات حركة عطارد

إن هيئة بطلميوس لكوكب عطارد، التي جاء وصفها سابقاً (الشكل رقم (٣ ـ ٤))، تشبه إلى حد بعيد هيئة القمر. فهي تتضمن عملياً آلية شبيهة بتلك التي استخدمت في هيئة القمر، فتسمح للكوكب أن يقترب من الأرض في موضعين اثنين، بدلاً من موضع واحد، لتوافق الأرصاد التي أثبت فيها بطلميوس بُعد الكوكب الأعظم من الشمس، والتي أدت إلى الاعتقاد بوجود حضيضين لعطارد. أما معدّل المسير لكوكب عطارد، فهو مثبت الآن على الخط الواصل بين المراكز، بين مركز العالم ومركز الفلك الخارج المركز، عندما يكون قطر الفلك الخارج المركز باتجاه الأوج، بدلاً من أن يكون على ضعف البعد من مركز العالم كما كانت الحال في هيئة الكواكب العليا. وتتطلب هيئة عطارد، خلافاً لهيئة القمر، أن يتحرك الكوكب بحركة مستوية حول معدل المسير، وليس حول مركز العالم كما كانت الحال في هيئة القمر.

إن أول فلكي معروف قام باقتراح هيئة بديلة لهيئة عطارد، تزيل عنها التناقضات التي

ألمت بهيئة بطلميوس، هو مؤيد الدين العرضي نفسه الذي تعرضنا لدراسة أعماله الخاصة بهيئة القمر وبهيئة الكواكب العليا.

(١) هيئة العرضي لكوكب عطارد

يكرس العرضي فصلين مختلفين لمناقشة هيئة عطارد، بالإضافة إلى عدة ملاحظات أدلى بها أثناء دراسته لهيئات الكواكب الأخرى. فالفصل الرابع والأربعون[٦٩] يحتوي على عرض مباشر لأفلاك عطارد مرفق بملاحظات مقتضبة عن حركات تلك الأفلاك. ويستخدم العرضي الأرصاد الجديدة، كلما رأى ذلك مناسباً، ليصحح الهيئة التي عرضها بطلميوس. ويذكر العرضي القارىء، في أحد المقاطع، بقوله: «لا يحتاج إلى زيادة الشرط الذي قاله بطلميوس في هذه الحركات بعد أن ثبت أن لأوج الشمس حركة مثل حركة أوج المدير الذي في الميزان».

أما الفصل الثامن والأربعون[٧٠] فهو مكرس، كما يدل عنوانه وهو «في إصلاح هيئة عطارد»، لإعادة صياغة هيئة عطارد بحيث يتم حل الإشكالين الواردين حول هيئة بطلميوس. وهذان الإشكالان هما كما هي الحال في هيئة القمر: (١) إشكال الفلك الحامل الذي يتحرك حول محور لا يمر بمركزه الخاص به، (٢) إشكال مركز معدل المسير الذي لا ينطبق على مركز الفلك الحامل ولا على المركز الذي يتحرك الفلك الحامل حوله بحركة مستوية.

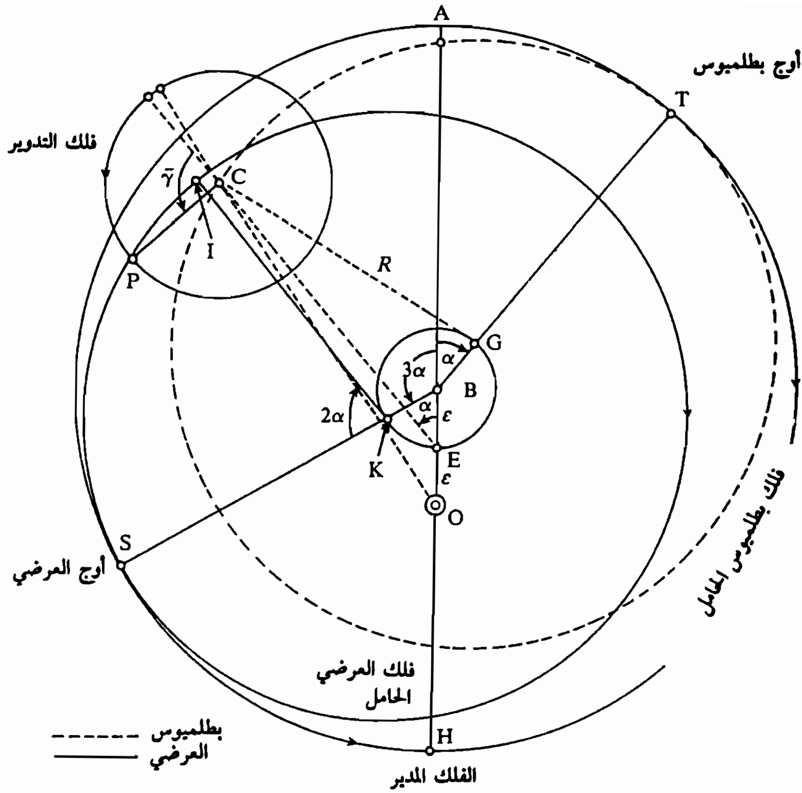
يتحرك الفلك الحامل، في هيئة بطلميوس (الشكل رقم (٣ ـ ٢٥))، بحركة الفلك المدير، وهي حركة مستوية حول المركز B بالاتجاه المخالف للتوالي، لينقل الأوج إلى نقطة T. أما الفلك الحامل نفسه فيتحرك بالاتجاه المعاكس حول مركزه الخاص به G، لينقل مركز فلك التدوير إلى النقطة C. ولكنه يبدو وكأنه يتحرك بحركة مستوية بالاتجاه المعاكس لاتجاه حركة المدير حول النقطة E التي هي مركز معدل المسير. وهذا ما يوجب أن يتحرك الفلك الحامل بحركة غير مستوية حول مركزه الخاص به G، مما يشكل خرقاً واضحاً لمبدأ الحركة المستوية.

يرد العرضي جواباً على ذلك بما يلي: «وهذا المجموع لزم عن عدة أمور: منها الرصد والبرهان المبني على الرصد، والحركات الدورية، والهيئة التي حدسها [بطلميوس]، وجهات الحركات. فأما الرصد والبرهان والحركات الدورية فلا يقدح في شيء منها، إذ لم يتبين أمر يخالفها.

---

(٦٩) انظر: العرضي، تاريخ علم الفلك العربي، مؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ٦٦٤هـ ـ ١٢٦٦م): كتاب الهيئة، ص ٢٣٥ ـ ٢٣٨، الاستشهاد التالي يقع على ص ٢٣٧.

(٧٠) المصدر نفسه، ص ٢٤٦ ـ ٢٥٧، والاستشهاد التالي يقع على ص ٢٥٠ ـ ٢٥١.



الشكل رقم (٣ ـ ٢٥)

فأما طريق الحدس فلم يكن هو [بطلميوس] أولى به من غيره بعد أن تبين خطأه. فإن وجد غيره أمراً يوافق الأصول ويطابق ما وجد بالأرصاد في الحركات الجزئية للكوكب، كان أولى بإصابة الحق.

ولما تبين لنا فساد هذا الرأي، وطلبنا إصلاحه كما فعلنا ذلك في باقي الكواكب،

فرأينا أنه يتم لنا إن قلبنا جهتي الحركتين المذكورتين ـ أعني حركة المدير وحركة الفلك الحامل. فتوهمنا حركة المدير إلى توالي البروج ثلاثة أمثال وسط الشمس، وحركة الحامل إلى خلاف التوالي ضعف وسط الشمس، فإن الحاصل لمركز التدوير إلى التوالي يكون مثل وسط الشمس. وعنده [أي عند بطلميوس] أيضاً كذلك». [ورقة ١٦٧ ظ من كتاب **الهيئة**].

فإذا رجعنا إلى الشكل رقم (٣ ـ ٢٥)، الذي نِسَبُه غير حقيقية، وطابقنا هيئة العرضي على هيئة بطلميوس، بنفس النسب، نرى أن هيئة العرضي تصف حركة كوكب عطارد بجعل حركة المدير مستوية، كما كانت الحال في حامل القمر عند بطلميوس، باتجاه التوالي، حول المركز B، لكي ينقل الأوج إلى النقطة S. أما الفلك الحامل نفسه، فيتحرك أيضاً بحركة مستوية، ولكن بالاتجاه المعاكس، حول مركزه الخاص به K ليعيد مركز فلك التدوير إلى النقطة I. وهكذا تكون الحركة الناتجة لمركز فلك التدوير موازية لحركة مركز التدوير عند بطلميوس وقريبة جداً منها، كما في الشكل رقم (٣ ـ ٢٥). أضف إلى ذلك أن هيئة العرضي تنسجم تماماً مع مبادىء الحركة المستوية وتكون قريبة جداً من نتائج الأرصاد، أو حسب قول العرضي: «طابق المتحصل منها المتحصل من هيئة بطلميوس، ولم يختلفا بشيء له عظيم قدر، لكن بشيء يسير يفوت مثله على الراصد». ثم يتابع العرضي فيقول: «وكان مذهبنا وطريقنا ليس عليها شك ولا يلزم عنها محال. فقد تبين ووضح أنها أتم وأكمل من غيرها»[(٧١)].

أما عالم الفلك التالي الذي اقترح هيئة بديلة لكوكب عطارد فهو قطب الدين الشيرازي، تلميذ الطوسي. وذلك لأن الطوسي نفسه كان قد اعترف صراحة في كتاب **التذكرة** بأنه لم يتوصل بعد الى وضع هيئة لعطارد، وأنه سوف يعود إلى صياغتها عندما يتم له توهم ذلك[(٧٢)]. والأبحاث التي جرت حتى الآن تفيد بأنه لم يفعل ذلك قط.

(٢) هيئة قطب الدين الشيرازي لكوكب عطارد

لقد تم وصف هيئة الشيرازي هذه بشكل مقتضب على يد إ. س. كينيدي (E. S. Kennedy)[(٧٣)]. ونحن نعتمد فيما يلي على ذلك الوصف وعلى هيئة الشيرازي الواردة في كتاب **التحفة الشاهية**.

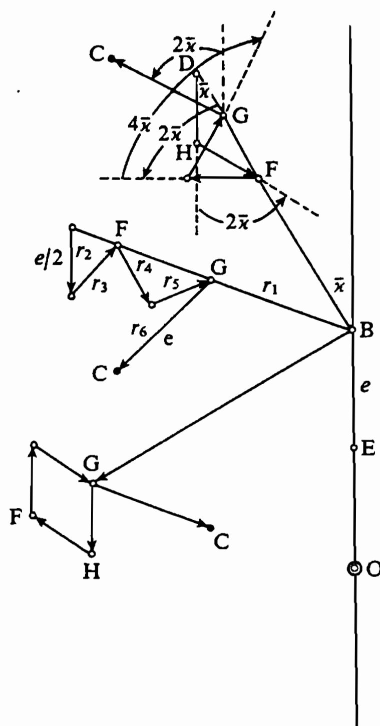
---

(٧١) المصدر نفسه، ص ٢٥٧.

(٧٢) يقول الطوسي في **التذكرة** (ليدن، مخطوطة شرقيات، ٩٠٥)، الورقة ٤٧ و: «وأما في عطارد، فلم يتيسر لي بعد توهم ذلك كما ينبغي. فإن توهم السبب في تشابه الحركة حول نقطة تتركب حركة المتحرك في القرب إليها والبعد عنها تركيباً كبيراً، متعذر. وإن يسر الله تعالى ذلك، ألحقته بذلك الموضع إن شاء الله تعالى».

(٧٣) انظر: Edward Stewart Kennedy, «Late Medieval Planetary Theory,» *Isis*, vol. 57, no.189 (Fall 1966), pp. 365 - 378 and especially pp. 373 - 375.

لقد اقترح الشيرازي إبدال هيئة عطارد التي صاغها بطلميوس بهيئة جديدة من عنده (الشكل رقم (٣ ـ ٢٦))، تتضمن ستة أفلاك هي التالية: (١) فلك حامل نصف قطره r_1 يعادل 60 جزءاً مركزه B خارج عن مركز العالم بمثل خروج المركز عند بطلميوس، وهذا المركز غير متحرك، كما هي الحال في هيئة بطلميوس، مما يزيل الحاجة إلى الفلك «المدير». (٢ ـ ٥) مزدوجتان متساويتان من «مزدوجات الطوسي» أنصاف أقطار كراتها الصغيرة متساوية $r_2 = r_3 = r_4 = r_5$ وتعادل نصف خروج المركز عند بطلميوس. (٦) فلك سادس، نصف قطره r_6 يعادل خروج المركز.



الشكل رقم (٣ ـ ٢٦)

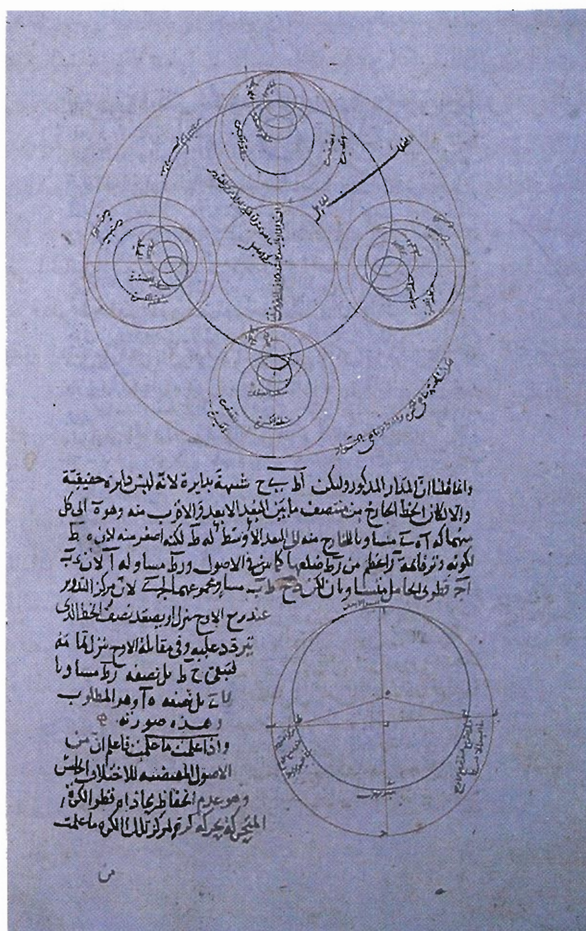
أما حركات هذه الأفلاك فهي كما يلي حسب وصف كينيدي (Kennedy) لها، وحسب وصف الشيرازي في **التحفة**: يتحرك الفلك الحامل باتجاه التوالي بحركة مستوية مثل حركة الشمس الوسطى $\bar{x}$. فتنتقل بهذه الحركة جميع الأفلاك الأخرى، أي أفلاك «مزدوجتي الطوسي» والفلك السادس الذي نصف قطره مساو لخروج المركز. أما «مزدوجة الطوسي» الأولى فتتحرك كرتها الكبرى بحركة الشمس الوسطى، ولكن على

خلاف التوالي. هذا يعني أن الكرة الصغرى تتحرك بضعف تلك الحركة بالاتجاه المعاكس، حافظة بذلك نقطة التماس الأصلية F دائماً باتجاه قطر الكرة الكبرى الذي هو اتجاه نصف قطر الحامل. وهذه النقطة F التي تتردد على نصف قطر الحامل هي أيضاً مركز الكرة الكبرى في «مزدوجة الطوسي» الثانية. أما حركة «مزدوجة الطوسي» الثانية فهي ضعف حركة «المزدوجة» الأولى، ولكن بالاتجاه المعاكس، مما يؤدي إلى إحداث نقطة جديدة خاصة بها هي النقطة G التي تتردد دائماً على طول قطر الكرة الكبرى، الذي هو بدوره على امتداد نصف قطر الحامل. ونتيجة حركة المزدوجتين هي أن تبقي مركز الفلك السادس G على طول نصف قطر الحامل، وأن تسمح له بأن يقترب من الأرض وأن يبتعد عنها. فبهذه الحركة يحقق نصف قطر الفلك السادس $GC = r_6$ والخط BE شروط القضية التي برهنها العرضي، وهذا ما يسمح لمركز فلك التدوير أن يرسم خطاً بيضاوياً مضغوطاً قرب وسطه، أي حيث يكون مركز فلك التدوير في الحضيضين.

وإذا شئنا وصف هذه الحركات باللغة الحديثة المتبعة في رياضيات المتجهات، فإننا نقول: إذا فرضنا أن الفلك الحامل قد تحرك بزاوية قدرها $\bar{x}$، لنأخذ، عندئذ، كنصف قطر للفلك الحامل (الشكل رقم (٣ ـ ٢٦)) المتجه r_1 الذي قد تحرك بزاوية $\bar{x}$، ويكون المتجه r_2، وهو نصف قطر الكرة الصغرى في «مزدوجة الطوسي» الأولى، قد تحرك بحركة الكرة الكبرى بالاتجاه المعاكس بزاوية قدرها $\bar{x}$. أما حركة الكرة الصغرى فتحرك المتجه r_3 بالاتجاه المخالف لحركة r_2 وبزاوية قدرها $2\bar{x}$. أما في «مزدوجة الطوسي» الثانية، فإن المتجه r_4 يتحرك بحركة الكرة الكبرى بزاوية قدرها $2\bar{x}$، تقاس من اتجاه r_1، ويتحرك المتجه r_5 بحركة الكرة الصغيرة باتجاه معاكس لاتجاه r_4 بزاوية قدرها $4\bar{x}$ تقاس من اتجاه r_4. أخيراً يتحرك المتجه r_6 بحركة فلكه الخاص به بزاوية قدرها $\bar{x}$ تقاس من اتجاه r_1.

إن مجموع هذه المتجهات r_2، r_3، r_4 وr_5 التي تصورناها على هذا النحو يسمح لمركز الفلك السادس G، الذي هو أصل المتجه r_6، بأن يتردد على طول نصف قطر الفلك الحامل. ومركز الفلك الحامل، في هذه الهيئة، يكون على بعد ثابت من مركز العالم قدره ضعف خروج المركز عند بطلميوس. ولما كان المتجه r_6 يتحرك دوماً بزاوية مساوية لتلك التي يتحرك بها الفلك الحامل، وبنفس الاتجاه، فإن رأس هذا المتجه يبدو وكأنه يتحرك دوماً بحركة مستوية حول مركز معدل المسير كما يمكن أن تنبىء به القضية التي برهنها العرضي في هيئة الكواكب العليا، وكما هو المفروض حسب أرصاد بطلميوس.

وهكذا يظهر أن الشيرازي قد استفاد، على ما يبدو، من النتائج التي توصل إليها كل من الطوسي والعرضي لصياغة هيئته الخاصة به، مستخدماً في ذلك الأساليب نفسها التي تم تطويرها قبله مثل «مزدوجة الطوسي» وقضية العرضي.



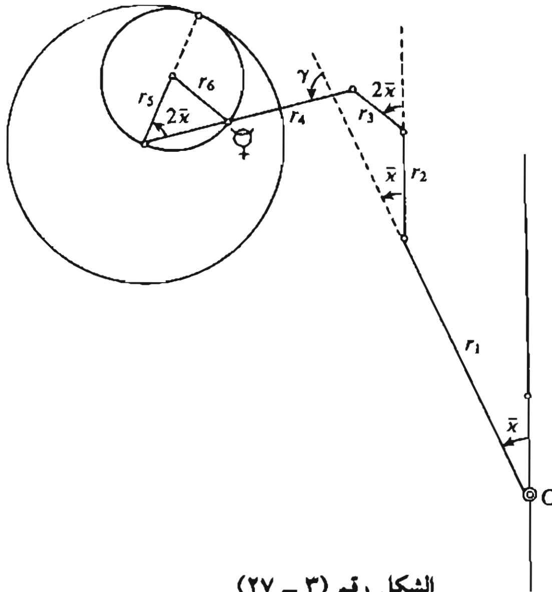
الصورة رقم (٣ ــ ٣)
قطب الدين الشيرازي، نهاية الإدراك في دراية الأفلاك
(القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية، طلعت، هيئة ٤٥).

كانت أغلب المشكلات التي قابلت علماء الهيئة تتعلق بحركة القمر وحركة عطارد، وذلك لعدم انتظام حركة كل من هذين الجرمين. ونرى هنا ما قدمته مدرسة «مراغة» لحل هذه المشكلة والذي كان إنجازاً كبيراً في تاريخ علم الفلك. نرى هنا تركيباً معقداً لدوائر عدة ومختلفة مع استعمال «مقدمة» الطوسي. وكما نرى فهذا النموذج يختلف تماماً عن نموذج بطلميوس، وذلك ما رأيناه مع البيروني من قبل.

(٣) هيئة ابن الشاطر لكوكب عطارد

لقد ابتكر ابن الشاطر هيئة جديدة لكوكب عطارد تتلاءم، في آن واحد، مع حركات الأفلاك المستوية حول مراكزها الخاصة بها ومع الأرصاد البطلمية التي تقتضي أن تكون حركة عطارد مستوية حول مركز معدل المسير وأن يكون بعده الأقصى عن موضع الشمس الوسطى في نقطتين متناظرتين تقع كل منهما على زاوية قدرها 120° تقريباً من جانبي موضع الأوج. وكما فعل الشيرازي من قبل، فإننا سنرى أن ابن الشاطر قد استخدم النتائج التي توصل إليها كل من الطوسي والعرضي، وبالأخص «مزدوجة الطوسي» وقضية العرضي.

لقد استخدم ابن الشاطر الأسلوب نفسه الذي استخدمه سابقاً في هيئتي القمر والكواكب العليا اللتين مر وصفهما. فقد بدأ، هنا أيضاً، بإقامة الهيئة المبتكرة مفترضاً أنها تتطابق مع مركز الأرض لكي يتحاشى استخدام الأفلاك الخارجة المراكز التي كان يخطىء الآخرين في استخدامها[٧٤]. ولكي يجعل الهيئة مطابقة لمركز الأرض بالذات افترض (الشكل رقم (٣ ـ ٢٧)) وجود فلك مائل، نصف قطره r_1 مساو لستين جزءاً، مركزه مطابق



الشكل رقم (٣ ـ ٢٧)

(٧٤) انظر: ابن الشاطر، **نهاية السول في تصحيح الأصول**، بداية الفصل الثاني، حيث ينتقد ابن الشاطر علماء الفلك الأوائل الذين استخدموا أفلاكاً حاملة خارجة المراكز.

لمركز العالم O، ويتحرك باتجاه التوالي بحركة تعادل حركة الشمس الوسطى. ويحمل هذا الفلك المائل على منطقته فلكاً آخر، يُسمى الفلك الحامل، نصف قطره r_2 يعادل 5 ;4 جزءاً، ويتحرك بمثل حركة الفلك المائل ولكن بالاتجاه المعاكس. ويحمل الفلك الحامل، بالطريقة نفسها، فلكاً ثالثاً، يسمى الفلك المدير، نصف قطره r_3 يعادل 50 ;0 جزءاً، ويتحرك على التوالي، مثل الفلك المائل، ولكن بضعف حركة الشمس الوسطى. أما الفلك المدير فيحمل فلك التدوير الذي يعادل نصف قطره r_4، 46 ;22 جزءاً، والذي يتحرك بحركة كوكب عطارد الخاصة. وعلى منطقة فلك التدوير فلك خامس، يسمى الفلك المحيط أو الشامل، نصف قطره r_5 يعادل 33 ;0 جزءاً، ويتحرك باتجاه التوالي بمثل ضعف حركة الشمس الوسطى. ويحمل الفلك الخامس بدوره فلكاً آخر سادساً، يسمى الفلك الحافظ، نصف قطره r_6 يعادل نصف قطر الفلك الخامس، ويتحرك بخلاف التوالي بحركة قدرها أربعة أضعاف حركة الشمس اليومية الوسطى. أما الكوكب عطارد فهو مركز على منطقة الفلك السادس.

وإذا استخدمنا المصطلحات الحديثة للمتجهات، جعلنا نصف قطر الفلك المائل متجهاً r_1 طوله 60 جزءاً. وتكون حركته باتجاه التوالي بقدر حركة الشمس اليومية الوسطى. ونجعل متجهاً آخر r_2 على رأس المتجه الأول، يمثل الفلك الحامل، فيكون طوله 5 ;4 جزءاً. أما حركته فتكون مثل حركة r_1 وبالاتجاه المعاكس. هذا يعني أن r_2 ينتقل دوماً باتجاه مواز لاتجاه خط الأوج والحضيض، ويحمل بالتالي قسماً من خروج المركز يعادل 5 ;4 جزءاً من المركز الى المحيط. أما المتّجه r_3 الذي يمثل المدير، فيتحرك بضعف حركة r_1 وبالاتجاه نفسه. ونستطيع أن نبين بسهولة، باستخدام قضية العرضي، أن رأس المتجه r_3 يبدو وكأنه يتحرك بحركة مستوية حول نقطة على خط الأوج والحضيض يكون بعدها عن مركز العالم مساوياً لـ 3;15 = 50 ;0 - 5 ;4 جزءاً. ولما كان رأس المتجه r_3 هو حقاً مركز فلك التدوير في هيئة بطلميوس، ينتج عن حركته النتيجة نفسها التي تتأتى من حركة مركز فلك التدوير حول مركز معدل المسير، الذي يبعد ثلاثة أجزاء عن مركز العالم في هيئة بطلميوس. وهكذا ينحل إشكال معدل المسير.

أما المتجهان الأخيران r_5 وr_6 فيفترض بهما تحقيق المطلب الثاني في هيئة بطلميوس، وهو جعل فلك تدوير عطارد يبدو أكبر حجماً عندما يكون الكوكب على بعد حوالى 90 درجة من الأوج. وهذا ما يتحقق إذا فرضنا أن هذين المتجهين يمثلان نصفي قطر الدائرة الصغيرة في «مزدوجة الطوسي»(٧٥)، حيث يصبح قطر الدائرة الكبيرة باتجاه قطر فلك

(٧٥) يتكلم ابن الشاطر عن فلكين نصف قطريهما متساويان مركز أحدهما على محيط الآخر. فذلك يعني ضرورة أنه كان يقصد بذلك «مزدوجة الطوسي» وليس دائرتين متقاطعتين، وإلا فإن على هذه الأفلاك أن تتقاطع مما لم يكن مقبولاً حسب العرف الذي كان شائعاً خلال القرون الوسطى.

التدوير، فيزداد وينقص هذا الأخير بقيمة قدرها 66 ;0 جزءاً.

وهكذا يتم بتحقيق هذا المطلب الأخير الرد على المطلبين الرئيسيين في هيئة بطلميوس، وتزول التناقضات التي كانت تعتري تلك الهيئة. وكما نوهنا سابقاً فإن هيئة ابن الشاطر هذه قد استفادت من النتائج المهمة التي توصل إليها كل من العرضي والطوسي. لذلك نستطيع القول إن ابن الشاطر كان وريثاً حقيقياً لتقليد فلكي عربي عريق، أعطاه نتائج عديدة. وقد تمكن ابن الشاطر من جمعها معاً، كما فعل مثلاً في هيئة الكواكب العليا، ومن إضافة مطلب التطابق مع مركز الأرض إليها. كل ذلك حصل خلافاً لما فعله كوبرنيكوس الذي استخدم الهيئة نفسها لحركات عطارد دون أن يفهمها جيداً في أول الأمر ـ كما في كتاب *Commentariolus*(٧٦) ثم عاد فأحسن وصفها في كتاب *De Revolutionibus*(٧٧).

(٤) هيئة صدر الشريعة لكوكب عطارد

لقد عرض صدر الشريعة هيئة بطلميوس لكوكب عطارد(٧٨) في **كتاب التعديل**، وختم ذلك بتعدادٍ للشوائب التي كانت تلم بها. ثم كرر ما قاله الطوسي في كتاب **التذكرة** حيث اعترف صراحة بأنه لم يكن بعد قد صاغ هيئة لحركات عطارد. وادعى صدر الشريعة عندئذ أنه وفق بعون الله حيث أخفق الطوسي. وتابع بعد ذلك كلامه فوصف هيئة تعتمد بخطوطها الرئيسية على تعديل الهيئة التي كان قطب الدين الشيرازي قد أعدها لحركات القمر، والتي جاء ذكرها سابقاً.

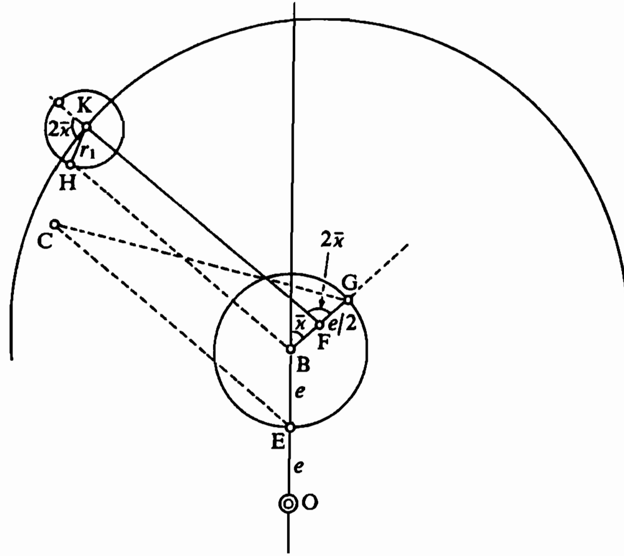
يقترح صدر الشريعة في الشكل رقم (٣ ـ ٢٨) زيادة فلك جديد حامل خارج المركز، يبعد مركزه F عن مركز الفلك المدير بقدر نصف خروج المركز عند بطلميوس، وهذا ما يجعل هذا المركز فوق مركز معدل المسير عند بطلميوس باتجاه الأوج على بعد قدره مرة ونصف مرة من خروج المركز عند بطلميوس. ويتحرك هذا الفلك بحركة هي ضعف حركة المدير وبالاتجاه المخالف لها، أي أنها تكون باتجاه التوالي. يستخدم صدر الشريعة بعد ذلك قضية العرضي، ويضيف فلك تدوير صغير على منطقة الحامل، نصف قطره r_1 مساو لنصف خروج المركز عند بطلميوس، ويجعل هذا الفلك يتحرك بمثل حركة الحامل وبالاتجاه نفسه. أما فلك التدوير الحقيقي للكوكب فهو محمول على منطقة هذا التدوير

---

(٧٦) انظر: Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary,» p. 504.

(٧٧) انظر: Noël M. Swerdlow and Otto Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus*, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 10, 2 vols. (New York: Springer - Verlag, °1984), pp. 403 ff.

(٧٨) صدر الشريعة، **كتاب التعديل في الهيئة**، الورقتان ٣٢ر ـ ٣٣ظ.



الشكل رقم (٣ ــ ٢٨)

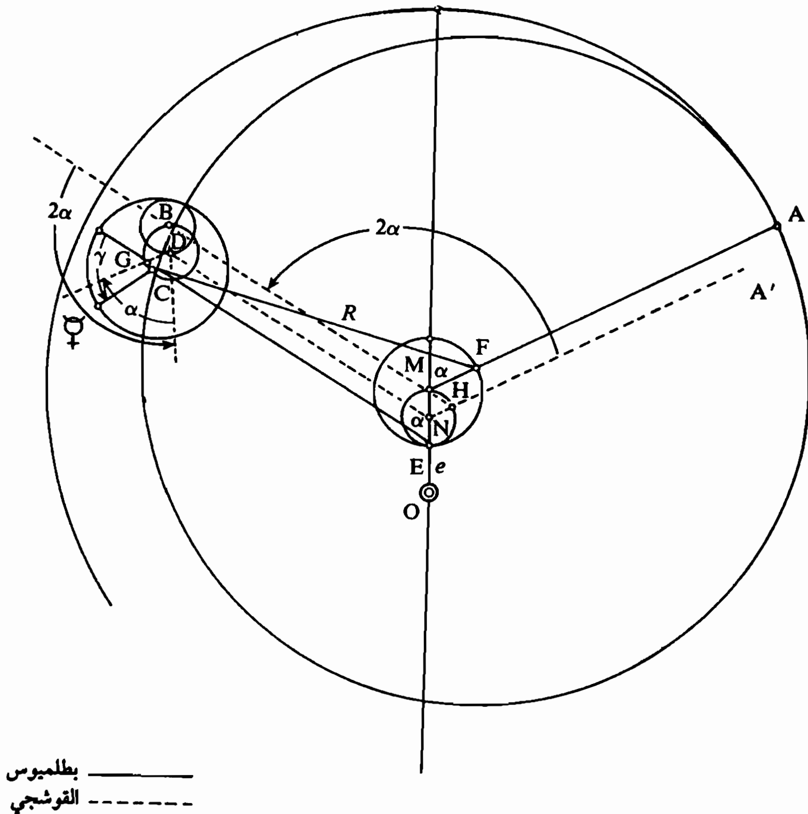
الصغير. وباستخدام قضية العرضي يتبين أن مركز التدوير الحقيقي H يظهر وكأنه يقطع أقواساً متساوية في أزمان متساوية، أي أنه يتحرك بحركة مستوية، حول مركز المدير B. أضف إلى ذلك أن مركز التدوير الحقيقي H يكون بالنسبة الى مركز المدير في نفس الجهة التي يكون فيها مركز فلك التدوير في هيئة بطلميوس بالنسبة الى مركز معدل المسير. ولما كان يصف جميع هذه الحركات بأنها حركات وسطى، فقد ارتضى صدر الشريعة بكون مركز فلك التدوير يتحرك باتجاه مواز للاتجاه الذي أنبأت به هيئة بطلميوس، لأنه ادعى بأنه وجد هيئة بديلة لا تشوبها الشوائب التي ألمت بهيئة بطلميوس.

(٥) هيئة أفلاك عطارد عند القوشجي (المتوفى سنة ١٤٧٤م)

توجد رسالة في مكتبة الجمعية الآسيوية في كالكوتا (تحت رقم A١٤٨٢) منسوبة الى مؤلف مجهول قد أثبت كاتب هذه السطور مؤخراً أنه علاء الدين القوشجي، نجد فيها محاولة أخرى لصيغة هيئة لكوكب عطارد.

عرض القوشجي في البداية هيئة بطلميوس لكوكب عطارد، ثم قام بانتقادها، وانتقل بعد ذلك إلى اقتراح حله الخاص للمشاكل التي تضمنتها تلك الهيئة. فهو يفرض أولاً (الشكل رقم (٣ ـ ٢٩)) أن مركز فلك التدوير عند بطلميوس C (أو G) محمول على فلك تدوير صغير مركزه النقطة D، ونصف قطره مساوٍ لنصف خروج

المركز عند بطلميوس. وهذا الفلك الصغير محمول على فلك تدوير صغير آخر مماثل للأول ومركزه النقطة B. ويفترض بعد ذلك أن فلك التدوير الصغير الذي مركزه B هو أيضاً محمول على فلك حامل جديد مركزه النقطة H، التي تبعد عن مركز المدير N بقدر نصف خروج المركز عند بطلميوس. والنقطة N هي المركز الجديد للفلك المدير. وكان القوشجي قد حدد بعد مركز المدير الجديد هذا عن مركز العالم بقدر مرة ونصف مرة من خروج المركز عند بطلميوس.



الشكل رقم (٣ ـ ٢٩)

أما حركات هذه الأفلاك المثبتة في الشكل فهو يصفها، بعد ذلك، كما يلي: يحرك المدير الفلك الحامل على خلاف التوالي بحركة قدرها مثل قدر حركة الشمس اليومية الوسطى، فينقل معه موضع الأوج إلى النقطة ′A. أما الفلك الحامل فيتحرك بالاتجاه المعاكس، وبضعف تلك الحركة، فينقل معه مركز فلك التدوير الصغير B ليصبح على اتجاه

HB. ويتحرك فلك التدوير الصغير الذي مركزه B بمثل حركة الفلك الحامل وبنفس الاتجاه، فينقل النقطة D، التي هي مركز فلك التدوير الصغير الآخر، لتبدو وكأنها تتحرك بحركة مستوية حول النقطة N، التي هي مركز المدير الجديد. أما فلك التدوير الصغير الآخر فينقل مركز فلك التدوير G إلى خلاف التوالي، بحركته التي تعادل حركة الفلك المدير قدراً وجهةً. ومجموع هذه الحركات يضمن أن تبقى النقطة G دائماً باتجاه النقطة C وعلى الخط الواصل بين النقطة C ومركز معدل المسير E. هكذا تبدو النقطة G وكأنها تتحرك دوماً بحركة مستوية حول مركز معدل المسير، كما هو المفروض.

إن المتفحص لهذه الهيئة عن كثب يكتشف فوراً أنها مدينة بالدرجة الأولى لقضية العرضي، إذ تم استخدام هذه القضية أولاً لجعل D وN على خط واحد، وثانياً لجعل G وE على خط آخر مواز للخط الأول. وهذه الهيئة مدينة أيضاً، بالدرجة الثانية، للهيئة التي أوردها قطب الدين الشيرازي للقمر - لأنها حافظت على الآلية التي استخدمها بطلميوس بعد تنصيف خروج المركز - ولهيئة القمر الأكثر بساطة التي ارتآها صدر الشريعة.

خاتمة

وهكذا يتضح لنا، بعد هذا العرض العام لنظريات حركات الكواكب التي طورها علماء الفلك الناطقون بالعربية بعد القرن الثاني عشر للميلاد، أن هذا التقليد العلمي الطويل الأمد قد توصل إلى تحقيق إنجازين رئيسيين، هما بشكل أساسي، نظريتان رياضيتان. هذا إذا طرحنا جانباً موضوع حركة الكواكب في العرض، وموضوع أبعاد الكواكب اللذين لم يحصلا على نفس الاهتمام في هذا التقليد العلمي. أما النظريتان اللتان أشرنا إليهما أعلاه فهما «قضية العرضي»، و«مزدوجة الطوسي». فباستخدام هاتين النظريتين، وباللجوء إلى تنصيف خروج المركز عند بطلميوس، أصبح بالإمكان نقل أقسام من تلك الهيئات من المركز إلى المحيط وبالعكس. فهذه الحرية في الحركة قد سمحت بالحفاظ على مفعول معدل المسير عند بطلميوس، ولكنها سمحت أيضاً بتطوير مجموعة من الحركات المستوية التي لا تتعارض مع المعطيات الطبيعية. إضافة إلى ذلك، إن «مزدوجة الطوسي» قد سمحت أيضاً بإحداث حركة خطية نتيجةً لحركات دائرية، مما مكن ابن الشاطر، وكوبرنيكوس من بعده، من أن يحدثا تغييراً في أقطار أفلاك التداوير المرئية، فتبدو أكبر أو أصغر مما كانت عليه، وذلك باللجوء إلى حركة دائرية مستوية أو إلى تراكيب حركات أخرى مثيلة لتلك الحركة.

النتيجة الأخرى التي تم التوصل إليها من هذا العرض العام هي أن الانتقادات التي تعرض لها بطلميوس أصبحت تقليداً متبعاً بعد القرن الثالث عشر. وكان يندر أن تجد في تلك الفترة فلكياً يقوم بعمل فلكي رصين دون أن يتعرض إلى إصلاح علم الفلك اليوناني بطريقته الخاصة به. والمضحك في الأمر أن هذه الفترة التي تمت فيها معظم الإنجازات

الفلكية الأصيلة والتي كتبت باللغة العربية هي أيضاً الفترة التي يشار إليها عادة بأنها كانت فترة انحطاط في الإنتاج العلمي الإسلامي ولا يعيرها الباحثون إلا القليل من اهتمامهم.

ولكن الأعمال الحديثة التي تناولت علم الفلك عند كوبرنيكوس، وخاصة تلك التي قام بها كل من نوجبُور (Neugebauer) وسْورِدلو (Swerdlow)، لم تترك مجالاً للشك في تأثير هذا التقليد العربي في علم الفلك على كوبرنيكوس نفسه. وما نحن إلا بانتظار الأبحاث التي ستتم مستقبلاً لكي نتحقق من السبل التي تم استخدامها في نقل هذا التراث العلمي العربي من الشرق إلى الغرب، والتي كان لها هذا التأثير على كوبرنيكوس.

- ٤ -
علم الفلك والمجتمع الاسلامي

داڤيد كينغ(*)

القسم الأول: القبلة: الوجهة المقدسة

مدخل(١)

فرض القرآن الكريم على المسلمين أن يولوا وجوههم شطر الحرم المقدس في مكة إبان صلواتهم. فقد جاء في الآية (١٤٤) من سورة البقرة: **﴿فَوَلِّ وجهك شطر المسجد الحرام وحيث ما كنتم فولوا وجوهكم شطره﴾**. والمركز المادي للعبادة الإسلامية في الواقع هو الكعبة، التي هي عبارة عن بناء مكعب يقع في قلب مكة. ولقد أصبح هذا الحرم الوثني القديم، والذي لم يحدد بالضبط منشؤه تاريخياً، المركز المادي للدين الجديد، الإسلام، والدلالة على حضور الله.

(*) معهد تاريخ العلوم، جامعة جوان وولفغانغ، غوته ـ فرانكفورت ـ ألمانيا.

قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

(١) من أجل نظرة شاملة حول مسألة القبلة، انظر: David A. King, «The Sacred Direction in Medieval Islam: A Study of the Interaction of Science and Religion in the Middle Ages,» *Interdisciplinary Science Reviews,* vol. 10 (1985), pp. 315 - 328.

وحول مواضيع مختلفة تتطرق إلى هذه المسألة، انظر: «Anwā'»; «Manāzil»; «Matla'»; «Ka'ba»; «Kibla», et «Makka» dans: *Encyclopédie de l'Islam,* 6 vols. parus, 2ème éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960 -).

فالمسلمون يولون، إذن، وجوههم شطر الكعبة خلال صلواتهم، كما أن مساجدهم موجهة نحوها. ويشير المحراب في الجامع إلى القبلة، أي إلى الاتجاه المحلي لمكة. وكان الأموات يدفنون في القرون الوسطى على الجانب وبشكل مواجه للقبلة. بينما يتم الدفن في أيامنا هذه تبعاً لاتجاهها. ويفرض التقليد الإسلامي أيضاً على الإنسان الذي يقوم ببعض الأعمال، كتلاوة القرآن الكريم والدعوة إلى الصلاة والذبح الشعائري للحيوانات بهدف الأكل، أن يقف مقابل القبلة. كما يفرض من جهة أخرى قضاء الحاجات الطبيعية بشكل متعامد معها. يتجه المسلمون إذاً في حياتهم اليومية جسدياً وروحياً نحو الكعبة والمدينة المقدسة مكة منذ ما يقارب أربعة عشر قرناً[٢].

ابتكر الفلكيون المسلمون طرقاً لتحديد موقع القبلة حسابياً في أي مكان انطلاقاً من معطيات جغرافية متوفرة، معالجين موضوع هذا التحديد كمسألة من مسائل علم الجغرافيا الرياضية. وهذا ما تقوم به السلطات الإسلامية حالياً. غير أن الطرق الرياضية لم تكن سهلة المنال عند المسلمين قبل نهاية القرن الثامن أو بداية القرن التاسع. يضاف إلى ذلك، أن القبلة المحددة حسابياً لم تلق، على كل حال، تطبيقاً شاملاً حتى في العصور اللاحقة. وهذا ما تظهره مباشرة دراسة اتجاهات المساجد في القرون الوسطى، التي لم تكن إجمالاً موجهة بشكل صحيح نحو مكة المكرمة، أو على الأقل لم تكن موجهة وفق التحديد العلمي للقبلة. وكانت الطرق المستخدمة عادة لإيجاد القبلة مشتقة من علم الفلك الشائع. فلقد استخدمت الجهات الأساسية التي ثبتها التقليد الديني، كما استخدم الشروق والغروب الفلكيان. اعتمد المسلمون، إذاً، وجهات نظر حول الاتجاه المقدس تختلف عن تلك التي اعتمدها اليهود والمسيحيون الذين فضلوا بشكل عام الصلاة باتجاه الشرق. وقد كان لهذا التطور المستقل سبب موجب.

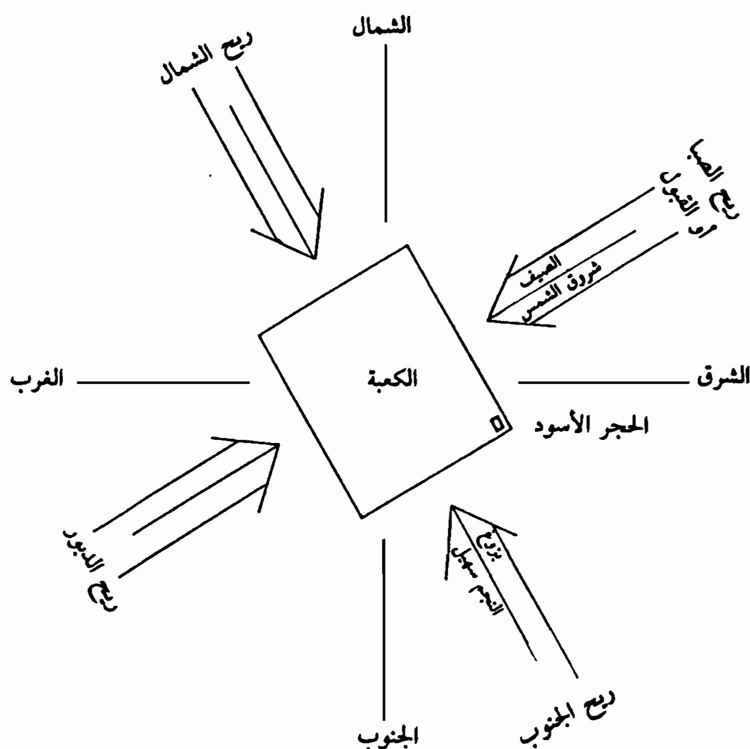
اتجاه الكعبة

إن الكعبة نفسها موجهة فلكياً، أي أن قاعدتها المستطيلة موجهة وفقاً لاتجاهات فلكية لها دلالتها. وتعود أقدم الروايات المدونة التي تتطرق إلى مسألة الاتجاه الفلكي للكعبة إلى القرن السابع، وقد نسبت هذه الروايات إلى بعض صحابة النبي (ﷺ). وتوحي النصوص بأن المحور الكبير موجه نحو بزوغ النجم سهيل، الأكثر إشراقاً في نصف الكرة الجنوبي، وبأن المحور الصغير موجه نحو شروق الشمس في الانقلاب الصيفي. هذان الاتجاهان هما تقريباً متعامدان في خط عرض مكة المكرمة (انظر الشكل رقم (٤ ـ ١)). وتؤكد الخرائط

---

(٢) حول الطرق الشائعة لتحديد القبلة، انظر: G. S. Hawkins and David A. King, «On the Orientation of the Ka'ba,» *Journal for the History of Astronomy*, vol. 13 (1982), pp. 102 - 109. حول مفهوم عالم مقسم حول الكعبة، انظر: David A. King, «The Sacred Geography of Islam,» in: *Islamic Art*.

الحديثة للكعبة وللجبال المحيطة بها، والمبنية على التصوير الجوي، المعلومات الأساسية التي تقدمها النصوص العائدة للقرون الوسطى.



الشكل رقم (٤ ـ ١)

اتجاه فلكي للكعبة، ورد ذكره في العديد من النصوص العربية التابعة للقرون الوسطى، وأكده الباحثون المعاصرون. وتصميم الرياح المرتبط بهذا الاتجاه والمبين هنا، هو أيضاً قد وصف في مصادر القرون الوسطى.

تظهر هذه النصوص بوضوح أن المسلمين من الأجيال الأولى كانوا يعرفون أن الكعبة موجهة فلكياً، لذلك كانوا يستخدمون اتجاهات فلكية لكي يولوا وجوههم شطرها، عندما يكونون بعيدين عنها. وفي الواقع، فإنهم غالباً ما استخدموا، ليولوا وجوههم شطر الجزء الموافق من الكعبة، الاتجاهات الفلكية نفسها التي كان عليهم استخدامها فيما لو وُجدوا مباشرة مقابل هذا الجزء الخاص منها. ومن بين التصاميم المختلفة الشائعة للرياح، هناك واحد يربط بين الرياح الأربع الأصلية والأسوار الأربعة للكعبة (انظر الشكل رقم (٤ ـ ١)).

لهذه الأسباب، استخدم المسلمون طوال فترة زادت على الألف عام وجهات لتحديد القبلة مبنية على ظواهر فلكية تحدث في الأفق وعلى اتجاهات الرياح.

اتجاهات المساجد الأولى(٣)

قال النبي محمد (ﷺ) عندما كان في المدينة: «ما بين المشرق والمغرب قبلة»، وصلى هو نفسه مباشرة نحو الجنوب باتجاه مكة. فاعتمد بعض المسلمين الجنوب كاتجاه للقبلة أينما كانوا وذلك تيمناً بالنبي (ﷺ)، مفسرين ملاحظته على أن القبلة تقع مباشرة نحو الجنوب، حيثما كان المكان. لذلك، عندما شيد الجيل الأول من المسلمين، أي الصحابة، المساجد من الأندلس إلى آسيا الوسطى، كان بعضها متجهاً نحو الجنوب، مع أن ذلك قلما كان مناسباً في الأماكن البعيدة جداً، الواقعة نحو الشرق أو الغرب من خط زوال مكة. ويشهد على هذه الممارسة بعض المساجد من الأندلس حتى آسيا الوسطى. ويمكننا مقارنة اتجاه المساجد هذا مع اتجاه الكنيسة والكنيس نحو الشرق.

---

(٣) حول المسائل التي تتطرق إلى اتجاه العمارة الدينية في قرطبة والقاهرة وسمرقند، انظر:
David A. King: «Some Medieval Values of the *Qibla* at Cordova,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 2 (1978), pp. 370 - 387, reprinted in: David A. King, *Islamic Astronomical Instruments* (London: Variorum Reprints, 1986), XV; «Al-Bazdawī on the *Qibla* in Early Islamic Transoxiana,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 7, nos. 1 - 2 (1983), pp. 3 - 38, and «Architecture and Astronomy: The Ventilators of Medieval Cairo and their Secrets,» *Journal of the American Oriental Society*, vol. 104 (1984), pp. 97 - 133.

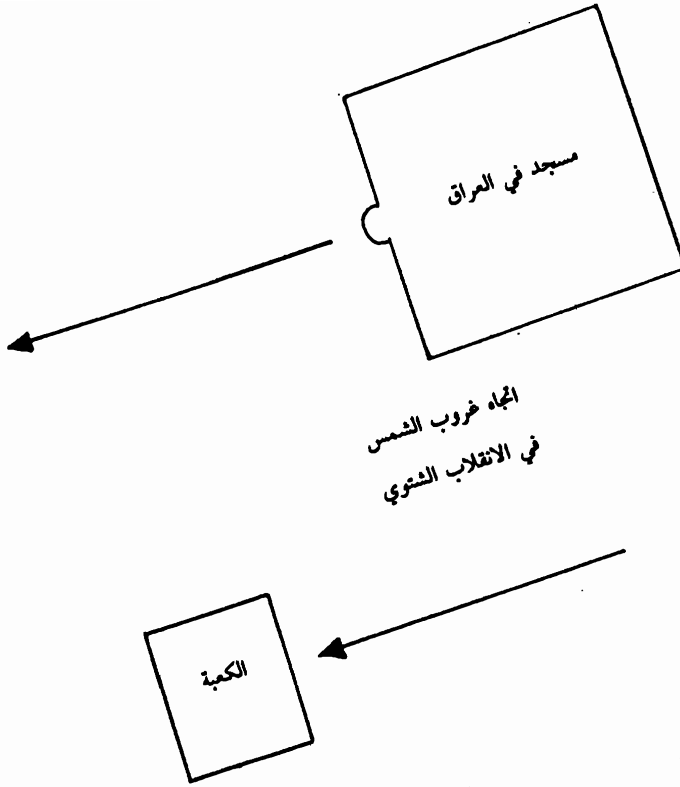
انظر أيضاً: F. E. Barmore, «Turkish Mosque Orientation and the Secular Variation of the Magnetic Declination,» *Journal of Near Eastern Studies*, vol. 44 (1985), pp. 81 - 98,
التي هي أول (والوحيدة) دراسة منهجية عن اتجاه المساجد في منطقة معينة.

لم توح فيما بعد بممارسة الرسول وحدها إلى المسلمين، بل تم أيضاً الاقتداء بممارسة صحابته. فالنبي (ﷺ) قال: «أصحابي كالنجوم، بأيهم اقتديتم اهتديتم». لذلك بقيت القبلات، التي اعتمدها الصحابة في مختلف أجزاء العالم الإسلامي الجديد، شائعة خلال العصور اللاحقة. ففي سوريا وفلسطين جرى اعتماد الجنوب التام كاتجاه للقبلة، ولاحقاً أصبح هذا الاتجاه القبلة الجائزة بوجه عام، في هذين البلدين. تملك هذه القبلة ميزة مزدوجة، فالرسول استخدمها وصحابته كذلك. أما في أجزاء أخرى من العالم الإسلامي، فقد اعتمد الجيل الأول من المسلمين اتجاهات غير الجنوب التام لأسباب سنذكرها فيما بعد.

أما خارج شبه الجزيرة العربية، فقد تم تشييد بعض المساجد الأولى في مواقع صروح دينية كانت قائمة في السابق، كما تم تحويل بعض الصروح السابقة إلى مساجد. ففي القدس مثلاً، شُيد المسجد الأقصى في العام ٧١٥م في موقع المعبد المستطيل، وتم توجيه محرابه وفقاً للمحور الكبير لمجمل البناء، بحيث إنه كان موجهاً تقريباً نحو الجنوب. لذلك بقي هذا الاتجاه القبلة المفضلة في القدس خلال العصور اللاحقة، حتى عندما حدد الفلكيون حسابياً، انطلاقاً من المعطيات الجغرافية المتوفرة، أن القبلة في القدس تقع تقريباً على 45° نحو الشرق انطلاقاً من الجنوب.

كذلك حوالى سنة ٧١٥م، تم تحويل الكاتدرائية البيزنطية في دمشق إلى مسجد؛ والكاتدرائية نفسها كانت سابقاً معبداً وثنياً موجهاً وفق الاتجاهات الأساسية، وذلك وفق التقليد المتبع في تخطيط الطرق بزوايا قائمة في المدن الإغريقية ـ الرومانية. وقد وضع المحراب في هذا المسجد الجديد في الحائط الجنوبي. وظل الاتجاه الجنوبي التام للقبلة مفضلاً في دمشق وذلك طيلة قرون عديدة، مع أن الفلكيين حددوا حسابياً أن القبلة في هذا المكان تقع على 30° نحو الشرق انطلاقاً من الجنوب. لذلك نجد أن أغلب مساجد القرون الوسطى في دمشق موجهة نحو الجنوب.

شيد أول مسجد في مصر باتجاه شروق الشمس في الانقلاب الشتوي، وبقي هذا الاتجاه الأكثر شيوعاً عند السلطات الدينية خلال القرون الوسطى. ومن ناحية أخرى، تم تشييد بعض أقدم المساجد في العراق باتجاه غروب الشمس في الانقلاب الشتوي. وقد تم اختيار هذه الاتجاهات بطريقة تجعل المساجد موجهة نحو أسوار محددة من الكعبة (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٢)). فعلى امتداد مرحلة القرون الوسطى، كان شروق الشمس وغروبها في الانقلاب الشتوي مفضلين في مصر والعراق على التوالي، كنموذج عن قبلة الصحابة.



الشكل رقم (٤ ـ ٢)

في العراق، اعتمدت بعض السلطات كقبلة اتجاه غروب الشمس في الانقلاب الشتوي. وأحد الأسباب هو أن السور الشمالي ـ الشرقي للكعبة كان مقترناً بالعراق. وإذا وقفنا بمواجهة الحائط، فإننا بالفعل ننظر نحو غروب الشمس في الانقلاب الشتوي.

تحديد القبلة بطرق غير رياضية

هناك طرق عملية بسيطة لتحديد القبلة بواسطة الشمس والقمر والنجوم وحتى الرياح، معروضة في صفوف عديدة متنوعة من نصوص القرون الوسطى. وقد نتجت الطرق التي دعت إلى اتباعها هذه المصادر عن تصورات بني عليها التقليد العلمي الشائع الذي كان منتشراً بشكل واسع في العالم الإسلامي خلال مرحلة القرون الوسطى.

وقد وجد هذا التقليد الشائع في علم الفلك والأرصاد الجوية مصدره في شبه الجزيرة العربية قبل الإسلام. إلا أنه تطعم بالتقاليد المحلية كما بالتقاليد الهلينستية من العلم الشائع التي كانت متبعة في المناطق التي غزاها المسلمون في القرن السابع. وكان مختلفاً تماماً عن التقليد العلمي للفلكيين المسلمين، لكنه كان معروفاً ومألوفاً بشكل أوسع.

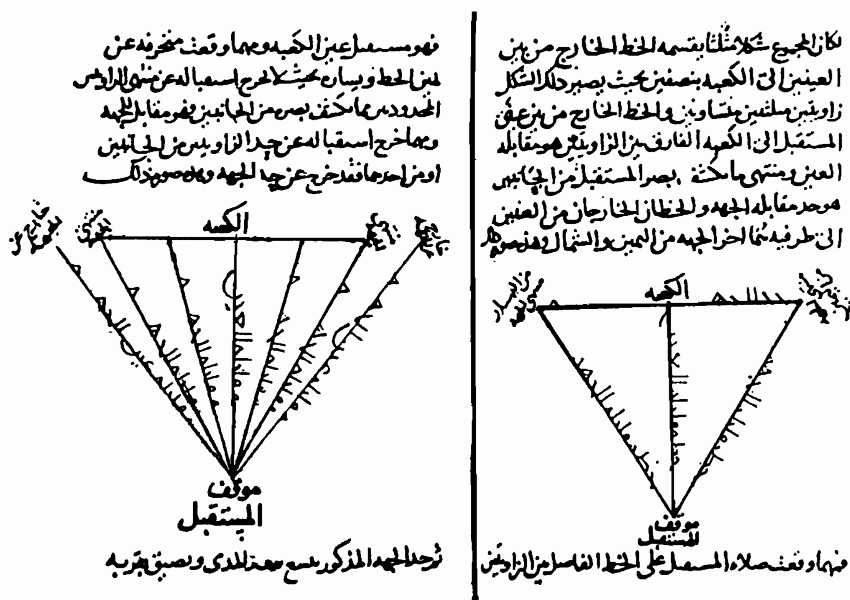
كانت هذه المعرفة الفلكية التي تأسست لأول مرة في القرون الأولى من العصر الإسلامي تطبق عند الحاجة في الممارسة الشائعة على مسائل عملية متعلقة بتنظيم التقويم الزراعي، وبضبط التقويم القمري والأعياد الدينية، وبحساب ساعات النهار بواسطة أطوال الظلال وساعات الليل بواسطة مواقع المنازل القمرية، وبتحديد اتجاه القبلة بالطرق غير الرياضية، وهذه المسألة الأخيرة هي التي تهمنا هنا. وما زال بعض عناصر هذه المعرفة الفلكية الشائعة يستخدم حتى يومنا هذا عند بعض التجمعات الزراعية في الشرق الأوسط.

يرتكز التقليد العلمي الشائع، خلافاً لـ «علم الفلك عند الأقدمين»، فقط على رصد الظواهر الطبيعية كالشمس والقمر والنجوم والرياح. وبما أن القرآن الكريم يقول ان هذه الأجرام السماوية وهذه الظواهر الطبيعية هي من صنع الله، وبما أنه يقول بخاصة إن على الناس أن يسترشدوا بالنجوم، لذلك لم يتعرض علم الفلك الشائع لنقد الفقهاء، خلافاً لعلم الفلك الرياضي والتنجيم.

وفي النصوص المذكورة أعلاه، تتحدد القبلة في مكان ما بواسطة ظاهرة فلكية تحدث في الأفق، كبزوغ أو أفول نجم بارز، أو كشروق أو غروب الشمس في الاعتدالين أو في الانقلابين. كما يتحدد اتجاه القبلة أيضاً بواسطة اتجاهات الرياح. وهذه النصوص ليست مصادر اقتبسها أو وضعها فلكيون، لكنها نصوص تتطرق إلى الفريضة الشرعية بالتوجه نحو الكعبة عند الصلاة، أو نصوص تعالج علم الفلك الشائع. إن هذه الطرق غير الرياضية لتحديد القبلة مذكورة عرضاً أو تبعاً للمناسبة في مؤلفات في الجغرافيا أو في التاريخ. وقد التزم الفلكيون من جهتهم الصمت بوجه عام حيال هذه العمليات غير الرياضية.

في مكان محدد، تبزغ وتأفل النجوم في نقاط ثابتة من الأفق. وفي الاعتدالين يحدد شروق وغروب الشمس الشرق والغرب، وفي الانقلابين تكون أمكنة شروق وغروب الشمس على $30°$ تقريباً من هذه المواقع الأصلية، باتجاه الشمال في الانقلاب الصيفي،

وباتجاه الجنوب في الانقلاب الشتوي. وتقول المصادر مثلاً، إن القبلة في الشمال ـ الغربي من أفريقيا هي في اتجاه شروق الشمس في الاعتدالين (شرق حقيقي). والقبلة في اليمن هي في الاتجاه الذي تهب منه ريح الشمال أو في اتجاه النجم القطبي (الذي لا يبزغ ولا يأفل، لكن موقعه يحدد الشمال). والقبلة في سوريا هي في اتجاه بزوغ النجم سهيل. والقبلة في العراق هي في اتجاه غروب الشمس في الانقلاب الشتوي. والقبلة في الهند هي في اتجاه غروب الشمس في الاعتدالين (غرب حقيقي).



الصورة رقم (٤ ـ ١)

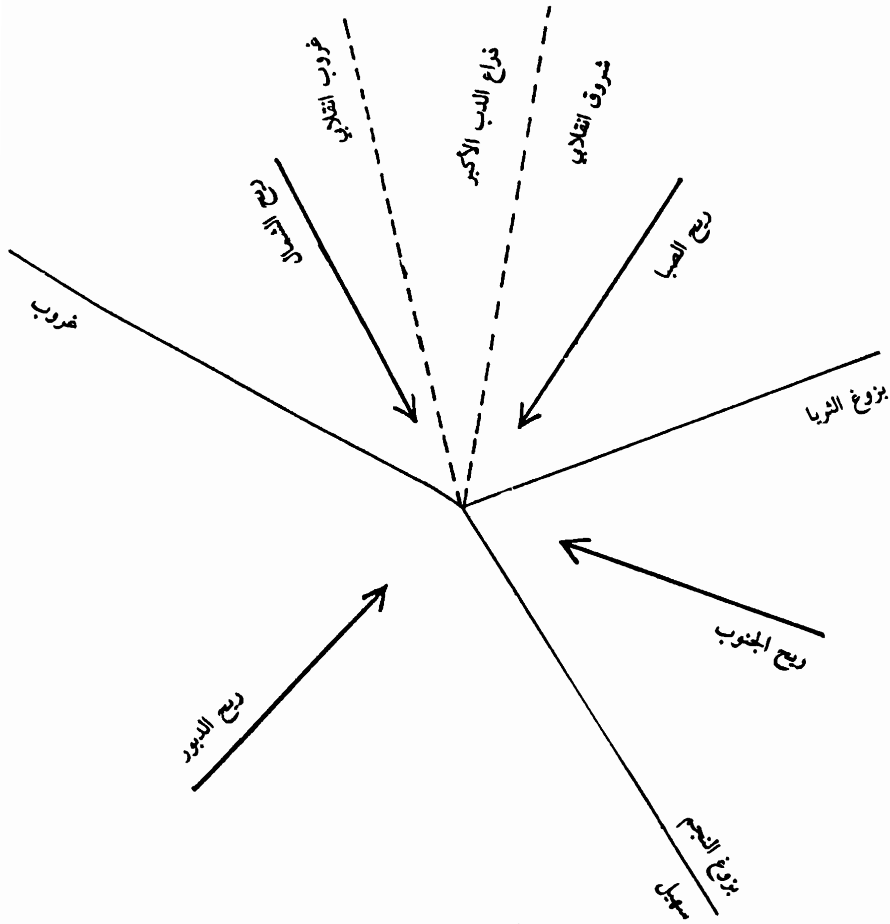
العمليتان العامتان لتحديد القبلة، اللتان أوصى بهما الفقهاء والمأخوذتان من نص شرعي مصري من القرن الثاني عشر للميلاد حول القبلة (أوكسفورد، مكتبة بودلين، مارش ٥٩٢، الورقتان ٢٣ظ ـ ٢٤و، نسخ بعد إذن مشكور من أمين متحف المخطوطات الشرقية).

إلا أن الوضع لم يكن تماماً بمثل هذه البساطة، لأن السلطات المختلفة كانت تقترح لتحديد القبلة في كل منطقة طرقاً مختلفة. وفي الواقع، دافعت أحياناً مدارس الفقهاء المختلفة عن قبلات متباعدة كلياً. ففي آسيا الوسطى، مثلاً، كانت إحدى مدارس

الفقهاء تفضل الغرب الحقيقي الذي كان يمثل اتجاه انطلاق الطريق نحو مكة، وكانت المدرسة المنافسة تفضل الجنوب الحقيقي، مستندة إلى الكلام المذكور أعلاه للنبي (ﷺ). هناك آخرون كانوا يفضلون قبلة الصحابة الذين شيدوا المساجد الأولى في المنطقة، أي في اتجاه غروب الشمس في الانقلاب الشتوي. بينما آخرون بالطبع كانوا يفضلون القبلة التي يحددها الفلكيون حسابياً.

وفي محاولة لحل هذه المسائل، اقترح بعض الفقهاء حلولاً تعتبر أن الوضع الأمثل للمؤمن هو الوضع الذي يسمح بالتقاء خط الرؤية مع الكعبة، على افتراض أن رؤيتها ممكنة بالفعل (على الرغم من أن ذلك مستحيل)، فأجازوا الصلاة في أي اتجاه يقع في حقل رؤية المؤمن الواقف في الوضع الأمثل (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١)). إن التعبيرين العربيين «جهة الكعبة» و«عين الكعبة» المستخدمين لوصف هاتين الحالتين يعنيان «الواقف في اتجاه الكعبة مباشرة» و«الواقف في الاتجاه العام للكعبة». وبما أن حقل رؤية الإنسان هو أكبر بقليل من ربع الأفق، فإن الغرب الحقيقي والجنوب الحقيقي حددا، وفقاً لبعض السلطات على أية حال، القبلات الجائزة شرعياً في آسيا الوسطى. كذلك، فإن الشرق الحقيقي والجنوب الحقيقي حددا القبلات الجائزة بالنسبة إلى الفقهاء الأندلسيين الذين رأوا أن ربع محيط الدائرة الجنوبي ـ الشرقي يشكل بأكمله القبلة.

وكما ذكرنا في السابق، فإننا نجد أحياناً قبلات محددة بواسطة اتجاه الرياح، بدل أن يتم ذلك بواسطة ظواهر فلكية تحدث في الأفق. هنا يجب التذكر أن تصاميم عديدة للرياح، محددة بواسطة شروق وغروب الشمس أو النجوم، كانت تشكل جزءاً من علم الفلك الشائع والأرصاد الجوية في شبه الجزيرة العربية قبل مجيء الإسلام. وتتحدد حدود الرياح في هذه التصاميم المذكورة في مصادر إسلامية قديمة مختلفة، إما بواسطة بزوغ أو أفول نجوم أو مجموعة نجوم، مثل سهيل والثريا ونجوم ذراع الدب (التي تبزغ وتأفل تحت خطوط العرض الاستوائية)، أو بواسطة الاتجاهات الأصلية أو بواسطة شروق وغروب الشمس في الانقلابين (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٣)). ويجمع أحد هذه التصاميم الأكثر رواجاً بين الرياح الأربع وأسوار الكعبة (انظر الشكل رقم (٤ ـ ١)). وعندما يتم اعتماد اتجاه ريح ما كقبلة، يفترض معرفة حدود الاتجاه من حيث تهب الريح، والحدود هذه محددة فلكياً.



الشكل رقم (٤ ـ ٣)

تصميم للرياح ذكره اللغوي الشهير ابن الأعرابي (أقام في الكوفة حوالى سنة ٨٢٥ م)، الذي هو على الأرجح من أصل عربي قبل الإسلام.

جغرافيا الإسلام المقدسة

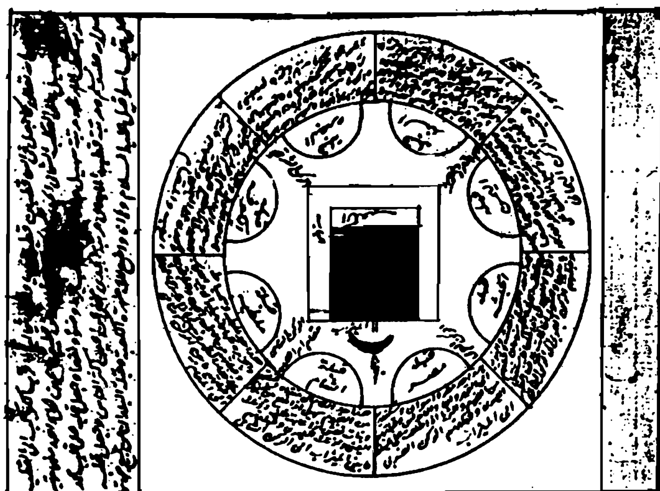
لقي مفهوم الجغرافيا المقدسة، الذي يقسم العالم إلى قطاعات حول الكعبة، حيث يواجه كل قطاع منها جزءاً محدداً من الكعبة، انتشاراً واسعاً في العالم الإسلامي إبان القرون الوسطى. ويملك هذا المفهوم الإسلامي عن عالم موجه حول الكعبة، مفاهيم موازية له في التقاليد اليهودية والمسيحية في القرون الوسطى عن عالم مركزه القدس. إلا أن المفهوم الإسلامي أشد تعقيداً.

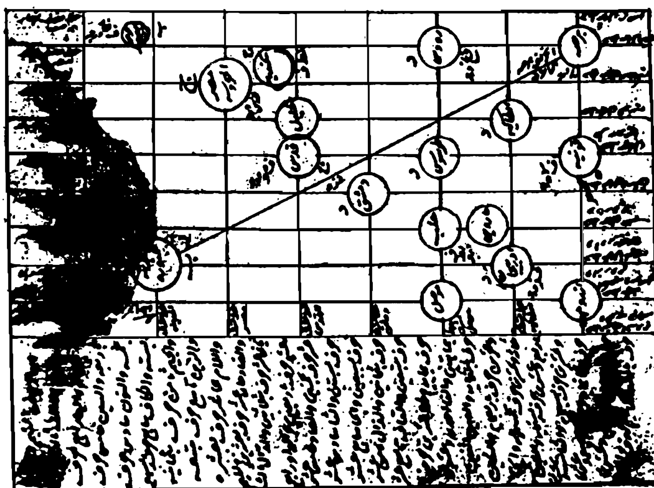
إن مثالاً عن تصميم إسلامي ينتمي إلى هذا التقليد هو مبين على الصورة رقم (٤ ـ ٢)، المأخوذة من مخطوطة مصرية تعود إلى القرن الثامن عشر. غير أن التصميم نفسه أقدم بكثير ويعود على الأقل إلى القرن الثاني عشر. فالعالم، وفق هذه الصورة، مقسم إلى ثمانية قطاعات حول الكعبة، والمحراب في كل قطاع يواجه جزءاً معيناً من محيطها. وقد شرح الفقيه المصري الدمياطي في القرن الثاني عشر هذا التصور فذكر أن القبلة، بالنسبة إلى الأجزاء المأهولة في العالم، هي كمركز دائرة بالنسبة إلى الدائرة. فكل المناطق تواجه الكعبة وتحيط بها كما تحيط الدائرة بمركزها، وكل واحدة من هذه المناطق تواجه قسماً معيناً من الكعبة.

تمثل الكعبة نفسها ميزات متنوعة كانت ملائمة لإعداد تصاميم خاصة. فطالما أن هذا الصرح يملك أربع جهات وأربع زوايا، فإن تجزئة العالم إلى أربعة أو ثمانية قطاعات حوله كانت أمراً طبيعياً. وقد تم فعلاً اقتراح تصاميم بأربعة أو ثمانية قطاعات. ومع ذلك، نرى في تصاميم أخرى أن القطاعات قد تم ربطها بأقسام من محيط الكعبة، حيث قسمت الأسوار بواسطة بعض عناصرها، كبئر السور الشمالي ـ الغربي وباب السور الشمالي ـ الشرقي.

وفي التصميم الموضح على الصورة رقم (٤ ـ ٢)، يتحدد الاتجاه الذي يجب أن ينظره المؤمن، الموجود في أي قطاع من قطاعات العالم، إما بواسطة بزوغ أو أفول نجم بارز أو مجموعة نجوم، أو بواسطة اتجاه إحدى الرياح. وفي تصاميم أخرى مشابهة، تتحدد القبلة بواسطة الاتجاهات الأصلية، أو بواسطة شروق أو غروب الشمس في الانقلابين. وتحدد اتجاهات شروق الشمس وغروبها، في الانقلاب الصيفي وفي الانقلاب الشتوي وفي الاعتدالين مع نقاط الشمال والجنوب، ثمانية قطاعات (غير متساوية) على الأفق؛ كما تحدد أيضاً مع الاتجاهات العمودية على اتجاهات الانقلابين اثني عشر قطاعاً (متساوية تقريباً). وقد استخدم هذان النوعان من التصاميم بثمانية قطاعات وبإثني عشر قطاعاً في جغرافيا الإسلام المقدسة.

إن مصادر إلمامنا بهذا التقليد في الجغرافيا المقدسة هي مؤلفات في علم الفلك الشائع، ومؤلفات في علم الفلك الرياضي (وبالأخص أنواع التقاويم التي كانت تصدر سنوياً)، ومؤلفات في الجغرافيا، وموسوعات، ونصوص تاريخية، وأخيراً نصوص تعالج أحكام الشريعة وهي لا تقل أهمية عن غيرها. وبالنسبة إلى التصاميم، فقد كانت مبينة أحياناً بواسطة كلمات وأحياناً أخرى بواسطة رسوم بيانية. إن عدد المصادر، التي تم العثور عليها والتي تؤكد وجود هذا التقليد، يزيد على الثلاثين مؤلفاً. وقد وضعت في الفترة الواقعة ما بين القرن التاسع والقرن الثامن عشر للميلاد. ومن بين هذه المؤلفات خمسة فقط تم نشرها، في حين بقيت.المصادر الأخرى بشكل مخطوطات. ونحن على ثقة تامة بأن عدداً أكبر من الأعمال التي تعالج هذا الموضوع قد تم وضعه، ولم يحفظ بين المصادر المخطوطة التي نمتلكها في الوقت الراهن.

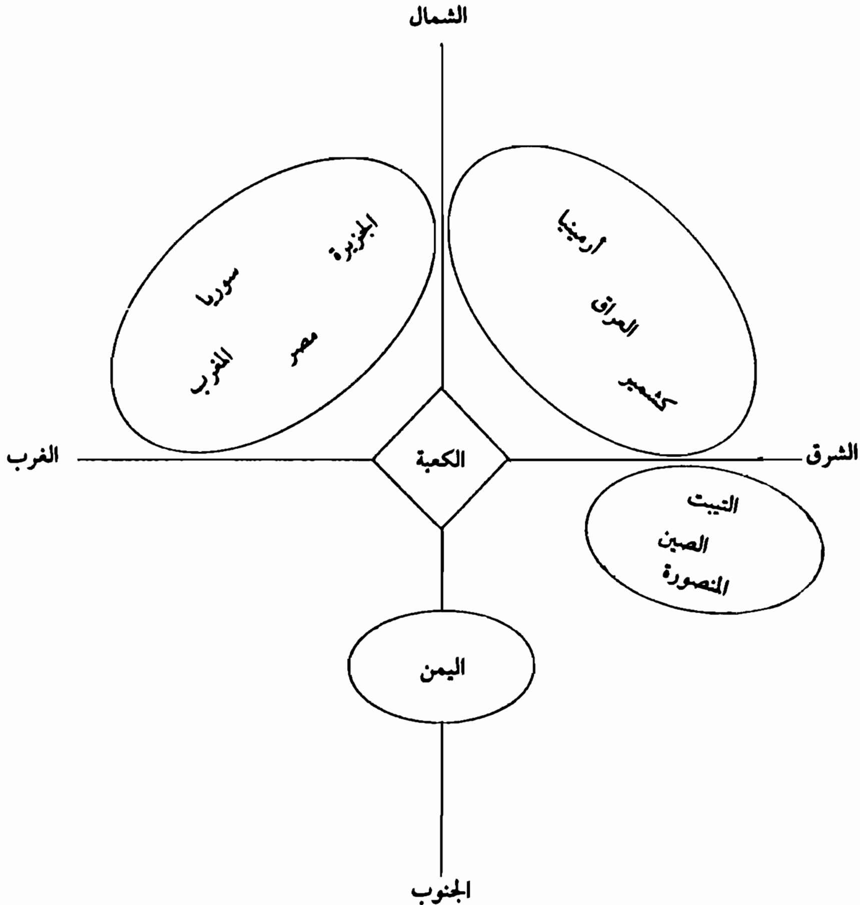




الصورة رقم (٤ ـ ٢)

رسمان بيانيان مأخوذان من مؤلف عثماني عن السحر والتصوف والفلك الشائع. إلى اليمين، تصميم قديم من الجغرافيا المقدسة بثمانية قطاعات. إلى اليسار، شبكة من خطوط الطول والعرض، حيث هي مبينة الكعبة والمواقع المختلفة: يمكن إيجاد قيمة تقريبية للقبلة بقياس انحراف الخط الذي يجمع الموقع المذكور مع الكعبة، والانحراف يكون بالنسبة إلى خط الزوال (القاهرة، طلعت مجاميع ٨١١، ٧، الورقتان ٦٠ظ ـ ٦١و، نسخ بعد إذن مشكور من مدير المكتبة الوطنية المصرية).

إن أقدم تصميم جغرافي معروف يتخذ من الكعبة مركزاً له، هو تصميم بسيط بأربعة قطاعات مبين في نص (منشور) من جغرافيا ابن خرداذبه، العالم البغدادي من القرن التاسع للميلاد (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٤)). وهناك مخطوطة من جغرافيا المقدسي، الذي ولد في القرن العاشر للميلاد، وهي تحتوي على تصميم مشوش يتضمن ثمانية قطاعات، وقد حُرّف بسبب أخطاء النساخ. ومما لا شك فيه أن التصميم لم يكن عملاً أصيلاً للمقدسي. وهو يعود على الأرجح إلى مؤلف آخر سابق للمقدسي.



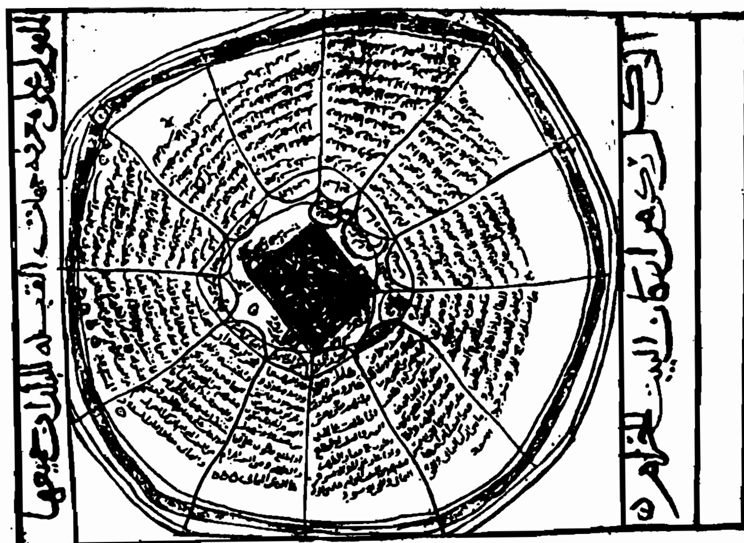
الشكل رقم (٤ ـ ٤)

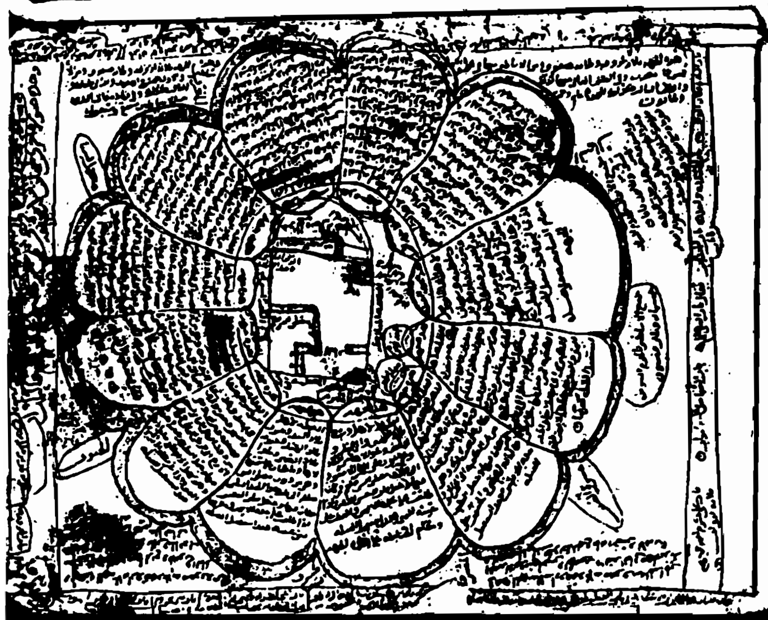
تصميم بسيط في الجغرافيا المقدسة مقترن باسم ابن خرداذبه.

وأعد الفقيه ابن سراقه من القرن العاشر للميلاد، وهو يمني الأصل تلقى علومه في العراق، نظاماً أكثر تطوراً في الجغرافيا المقدسة. فقد وضع ثلاثة تصاميم مختلفة بثمانية قطاعات وبأحد عشر وبإثني عشر قطاعاً حول الكعبة. لكن أعماله حول هذا الموضوع لم تسلم في شكلها الأصلي، إلا أن تصاميمه وردت في مؤلفات مختلفة لاحقة. إن تعليماته لتحديد القبلة في أي منطقة من المناطق المختلفة حول الكعبة مفسرة بالتفصيل دون أي رسم بياني. ففي كل منطقة يشرح كيف يتوجب الوقوف بالنسبة إلى بزوغ أو أفول أربعة أنجم ما، وكذلك بالنسبة إلى رياح أربع. فعلى سبيل المثال، يجب على سكان العراق وإيران أن يقفوا بحيث تبزغ وتأفل نجوم الدب الأكبر وراء آذانهم اليمنى؛ وأن تبزغ مجموعة نجوم برج الجوزاء تماماً وراء ظهرهم؛ وأن تعصف ريح الشرق على كتفهم الأيسر وأن تعصف ريح الغرب على خدهم الأيمن وهلم جرا. لكن نجوم الدب الأكبر، في الواقع، لا تبزغ ولا تأفل بالنسبة إلى الأمكنة الواقعة على هذا القدر من البعد نحو الشمال كالعراق وإيران. فهي تبدو في هذه الأمكنة قطبية. لذلك يبدو أن هذه التعليمات قد أعدت في الواقع لمكة. فعندما نقف في هذه المدينة وفق الوضع الذي حدده ابن سراقه، فإننا نتوجه في الواقع نحو شروق الشمس في الانقلاب الشتوي، مع أن ذلك لم يذكر بوضوح. إن الهدف النهائي لهذه العملية هو التوجه نحو السور الشمالي ـ الشرقي للكعبة.

وفي التصميم بثمانية قطاعات، المبين على الصورة رقم (٤ ـ ٢)، تتحدد القبلة بواسطة نجوم تبزغ أو تأفل وراء ظهر الواقف باتجاه القبلة، وبواسطة النجم القطبي. وكانت هذه النجوم، هي النجوم التي يعتقد أنها تكون في مواجهة الواقف أمام الجزء المناسب من الكعبة وقد أدار ظهره إليها. وهناك نصوص فلكية وشرعية، مصرية ويمنية من القرنين الثاني عشر والثالث عشر للميلاد، تتضمن تصميمين مختلفين بإثني عشر قطاعاً، وأحدهما مأخوذ عن تصميم ابن سراقه. ويقدم أحد هذه المؤلفات اليمنية في علم الفلك الشائع التصميمين معاً (الرسوم البيانية مبينة على الصورة رقم (٤ ـ ٣)). وقد نسخ العديد من المؤلفين في القرون الوسطى، الذين انتشرت أعمالهم بشكل واسع في أجزاء مختلفة من العالم الإسلامي مثل الجغرافي ياقوت وعلماء الكونيات كالقزويني وابن الوردي، نسخوا هذه التصاميم بإثني عشر قطاعاً، لكنهم أسقطوا التعليمات الملحقة التي تسمح بتحديد القبلة (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٥)).

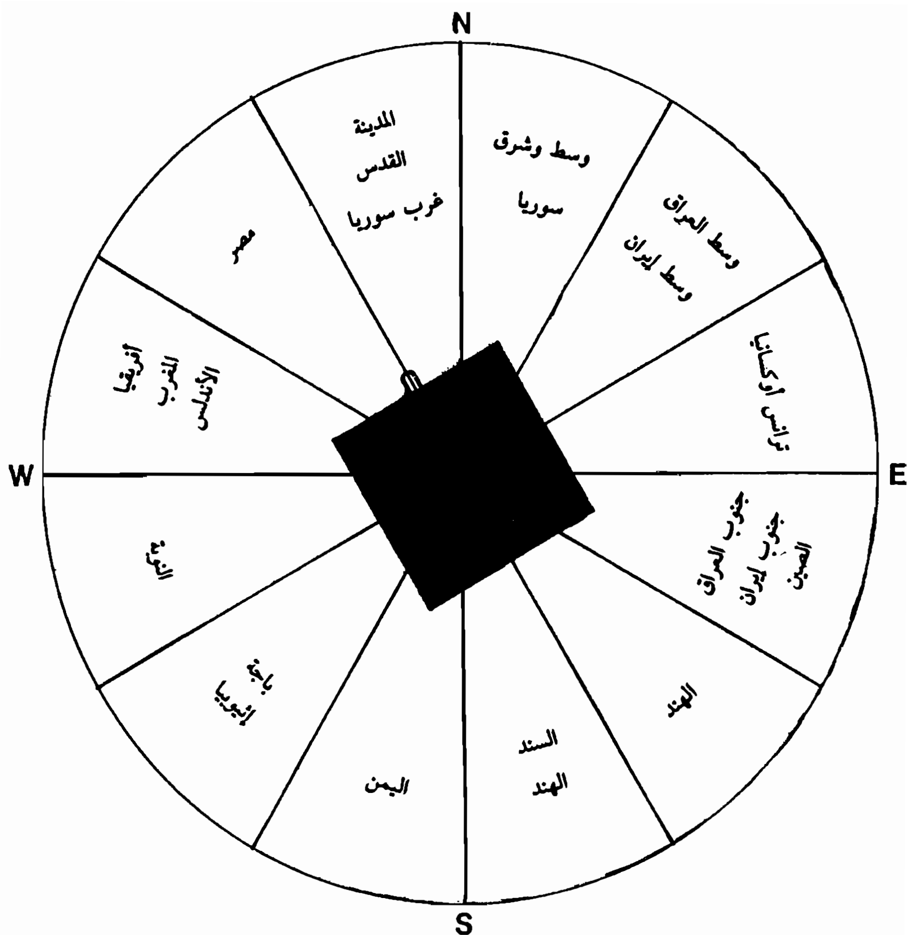
هناك تصميم آخر موجود في الأطلس البحري للعالم التونسي السفاقصي من القرن السادس عشر. ويتميز هذا التصميم عن غيره باحتوائه أربعين محراباً حول الكعبة وبتطابقه مع دوارة للرياح متضمنة اثنين وثلاثين قسماً. وقد استخدم الملاحون العرب هذا الرسم لتحديد اتجاهاتهم بواسطة بزوغ وأفول النجوم (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٤)).





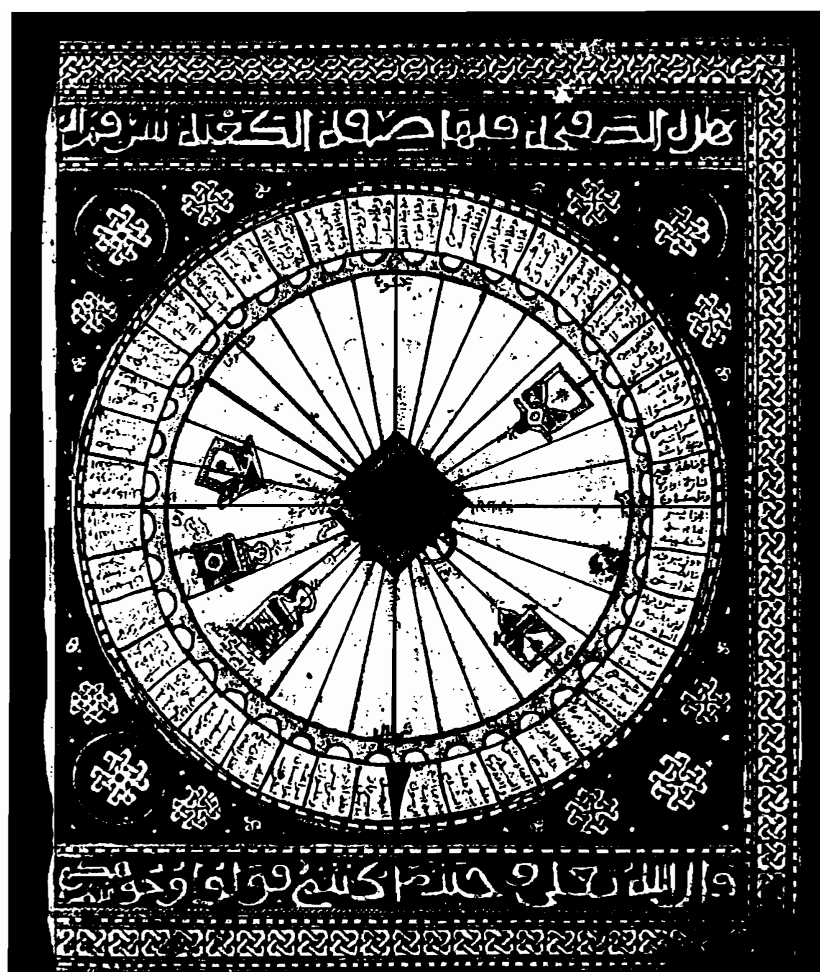
الصورة رقم (٤ ـ ٣)

تصميمان مختلفان من الجغرافيا المقدسة بإثني عشر قطاعاً، مع تعليمات كاملة لتحديد القبلة بواسطة ظواهر فلكية تحدث في الأفق. هذه الرسوم موجودة في مؤلَّف يمني في الفلك الشائع من القرن الثالث عشر للميلاد (Milan, Bibl. Ambrosiana, X 73 sup., non fol.)، نسخ بعد إذن مشكور من مدير المكتبة.



الشكل رقم (٤ ـ ٥)

نسخة مبسطة لتصميم في الجغرافيا المقدسة بإثني عشر قطاعاً لابن سراقه، كما صوره العديد من علماء الدراسات الكونية في نهاية القرون الوسطى.



الصورة رقم (٤ ـ ٤)

تصميم في الجغرافيا المقدسة بأربعين قطاعاً، مأخوذ من أطلس العالم التونسي الصفاقسي، من القرن السادس عشر. هذا التصميم متطابق مع دوارة الرياح باثنين وثلاثين قطاعاً، والتي كان يستخدمها الملاحون العرب لتحديد اتجاهاتهم بواسطة بزوغ وأفول النجوم (باريس، المكتبة الوطنية، المقالة ٢٢٧٣، نسخ بعد إذن مشكور من مدير المكتبة الوطنية).

نشير أخيراً إلى أن أي تصميم جديد في الجغرافيا المقدسة لم يظهر في أي عمل معروف تم وضعه بعد القرن السادس عشر.

تحديد القبلة بالوسائل الرياضية(٤)

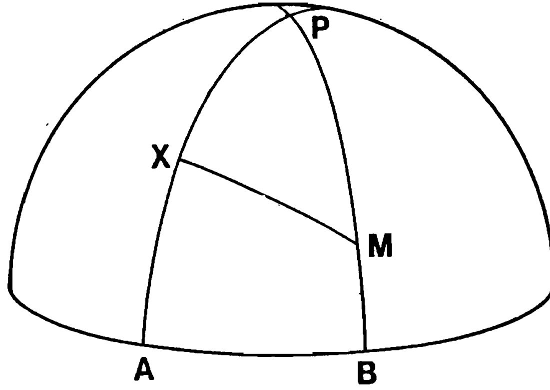
حدد الفلكيون المسلمون القبلة كاتجاه لدائرة كبرى مارة في مدينة مكة، ويتم قياس هذا الاتجاه بالزاوية المحددة بين خط زوال مكة وخط الزوال المحلي (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٦)). وابتداءً من القرن التاسع، أجروا حساب اتجاه مكة لمناطق مختلفة. وتتطلب مثل هذه الحسابات معرفة خطوط العرض والطول، المأخوذة في البدء من جغرافية بطلميوس. كما تتضمن أيضاً تطبيقاً لصيغ من حساب المثلثات أو لإنشاءات هندسية معقدة، طورها المسلمون بدمج طرق يونانية وهندية. إن العمل الذي أتمه الفلكيون المسلمون في هذا المجال معروف بشكل لا بأس به في المصنفات الحديثة، فلقد تمت بشكل جيد دراسة وتحليل المحتوى الرياضي لطرق العديد من فلكيي القرون الوسطى.

---

(٤) حول أقدم العمليات الرياضية لتحديد القبلة، انظر: David A. King, «The Earliest Islamic Mathematical Methods and Tables for Finding the Direction of Mecca,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften*, Bd. 3 (1986), pp. 82 - 149, with corrections in: *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften*, Bd. 4 (1987).

هناك دراسات أخرى حول طرق علماء معينين موجودة في: Edward Stewart Kennedy and Y. Id, «A Letter of al-Bīrūnī: Ḥabash al-Ḥāsib's Analemma for the *Qibla*,» *Historia Mathematica*, vol.1 (1974), pp. 3 - 11, reprinted in: Edward Stewart Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut: American University of Beirut, ©1983), pp. 621 - 629; Karl Schoy: «Abhandlung des al-Ḥasan Ibn al-Ḥasan Ibn al-Haitham (alhazen) über die Bestimmung der Richtung der *Qibla*,» *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, Bd. 75 (1921), pp. 242 - 253, and «Abhandlung von al-Faḍl b. Ḥātim al-Nayrīzī über die Richtung der *Qibla*,» *Sitzungsberichte der math. -phys. Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München* (1922), pp. 55 - 68; J. L. Berggren: «A Comparison of Four Analemmas for Determining the Azimuth of the *Qibla*,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol.4, no.1 (Fall 1980), pp. 49 - 80; «On al- Bīrūnī's Method of the *Zījes* for the *Qibla*,» paper presented at: *Proceedings of the XVIth International Congress for the History of Science* (Bucharest: [n. pb.], 1981), pp. 237 - 245, and «The Origins of al-Bīrūnī's Method of the *Zījes* in the Theory of Sundials,» *Centaurus*, vol. 28 (1985), pp. 1 - 16.

هناك دراسة أ. دلاّل (A. Dallal)، التي ستظهر حول معالجة ابن الهيثم الشاملة لمسألة القبلة بواسطة حساب المثلثات الكروي، انظر: Ahmad Dallal, «Al-Bīrūnī on Climates,» *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 34 (1984), pp. 3 - 18.



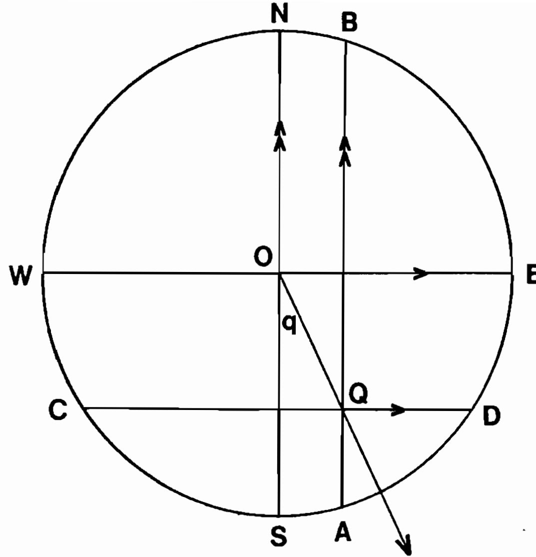
الشكل رقم (٤ ـ ٦)

مسألة القبلة عل الكرة الأرضية. يرمز X إلى موقع ما، M إلى مكة، N إلى القطب الشمالي، الدائرة AB ترمز إلى خط الاستواء. خطوط عرض X وM هي φ = XA وφ_M = MB، فرق خط الطول بين الموقع ومكة هو AB = ΔL. تحدد الزاوية AXM القبلة q.

ويتضمن أغلب الموجزات الفلكية الإسلامية، المزودة بجداول (معروفة باسم الزيج وموضوعة وفق نموذج **المجسطي والجداول الميسرة** لبطلميوس)، فصلاً حول تحديد القبلة بواسطة مثل هذه العمليات الرياضية. كذلك وضعت مؤلفات مستقلة تتعلق فقط بمسألة القبلة. وكانت الحلول الأولى لهذه المسألة، والتي تعود إلى القرن التاسع إن لم يكن إلى القرن الثامن، تقريبية، ولكنها كانت كافية لتحديد القبلة بحيث لا تتجاوز قيمة الخطأ درجة أو درجتين، وذلك في أماكن بعيدة عن مكة كمصر وإيران.

تتطلب إحدى أقدم الطرق لتحديد القبلة، والمستوحاة من علم رسم الخرائط، تصوير المكان موضوع البحث ومكة على شبكة متعامدة مستوية من خطوط الطول والعرض. وتتطلب كذلك قياس اتجاه المقطع الذي يصل النقطتين (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٢)). كما أن طرقاً رياضية تقريبية أخرى، بالإضافة إلى طريقة دقيقة ومعقدة، قد أخذت من الهندسة الفراغية، إلا أن أياً منها لم يستخدم بشكل واسع في القرون اللاحقة.

هناك طريقة أخرى تقريبية ذكرها البتّاني، استخدمت بشكل واسع وبقيت رائجة حتى القرن التاسع عشر، ولا يمكن تصور طريقة أخرى أبسط منها. لنرسم أولاً دائرة على مستوٍ أفقي ونبين الاتجاهات الأصلية (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٧)) نرسم بعد ذلك خطاً موازياً لخطّ



الشكل رقم (٤ ـ ٧)

حل تقريبي لمسألة القبلة للبتاني. على دائرة الأفق NESW، يمثل SA فرق خط الطول ΔL وED فرق خط العرض Δφ. المقطعان AB وCD مرسومان بشكل متوازٍ مع NS وEW على التوالي، ويتقاطعان في Q: تمثل OQ عندئذ القبلة.

الشمال ـ الجنوب، على مسافة زاوية تقاس على الدائرة وتساوي فرق خط الطول ΔL بين مكة والمكان المذكور. ونرسم خطاً آخر موازياً لخط الشرق ـ الغرب على مسافة زاوية تساوي فرق خط العرض $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_M$. إن الخط، الذي يجمع مركز الدائرة مع تقاطع هذين الخطين، يحدد القبلة q. هذه العملية هي معادلة لتطبيق الصيغة البسيطة:

$$tg\ q = \sin \Delta L / \sin \Delta\varphi$$

وذلك من أجل تحديد القبلة.

وقد أعدت في القرن التاسع والعاشر للميلاد عمليات دقيقة معقدة بواسطة الهندسة المستوية أو الهندسة الفراغية، أو بواسطة حساب المثلثات الكروي. فقد عالج أغلب علماء القرون الوسطى مسألة مكة كمسألة في الفلك الكروي، حيث ينبغي تحديد السمت لسمت الرأس الخاص بمكة على الأفق المحلي (انظر الشكل رقم (٤ ـ ٨)). في هذه العمليات يجب أولاً تحديد ارتفاع سمت الرأس الخاص بمكة، ومن ثم يصبح تحديد سمتها مسألة كلاسيكية في علم المثلثات الكروي. إن جميع هذه الطرق، في نهاية المطاف، معادلة لتطبيق الصيغة الحديثة لظل التمام في حساب المثلثات الكروي، الذي يعطينا:

$$cotg\ q = \{\sin \varphi \cos \Delta L - \cos \varphi\ tg\ \varphi_M\} / \sin \Delta L.$$

الشكل رقم (٤ ـ ٨)

مسألة القبلة منقولة إلى القبة السماوية (انظر الشكل رقم (٤ ـ ١٤) من القسم الثالث: علم الميقات). المطلوب تحديد السمت لسمت الرأس Z_M الخاص بمكة. المسألة رياضياً معادلة لمسألة تحديد سمت الشمس a، التي تملك ميلاً زاوياً هو δ، عندما تكون الزاوية الساعية t: بالنسبة إلى خط العرض φ، لدينا $\varphi_M = \delta$ و$t = \triangle L$ و$q = a$. من أجل حل هذه المسألة بطرق القرون الوسطى أولاً تحديد ارتفاع Z_M وهو h، ثم حساب السمت a الموافق، الذي هو القبلة. وفق طريقة النيريزي، نمدد PZ_M الذي يقطع خط الاستواء في النقطة T والأفق في النقطة R. وفق «طريقة الزيج»، نرسم ربع الدائرة EZ_MF.

ولأجل توضيح رشاقة طرق الإسقاط المستخدمة في العصور القديمة والقرون الوسطى، نورد هنا العملية الهندسية التي عرضها حبش الحاسب (أقام في بغداد والشام حوالى ٨٥٠م)، والتي تنتج عنها مباشرة الصيغة السابقة. تعود تعليماته إلى الشكل رقم (٤ ـ ٩)، (وقد تم إلى حد ما ضبط التأشير). نحدد على دائرة مركزها O الجهات الأصلية NWSE، ونحدد بعد ذلك الأقواس $WQ = \varphi$ و$QB = \varphi_M$ و$QT = \triangle L$. نرسم القطر QOR والوتر الموازي له، الذي تمثل G نقطة منتصفه. نحدد على OT النقطة M_2، بحيث يكون $OM_2 = GC$، ونرسم بعد ذلك العمود $M_2 M_1$ على BC. كما نرسم M_1L الموازي لـ WE، وM_1IJ الموازي لـ SN والذي يقطع WE في I والدائرة في J. أخيراً نضع على M_1L النقطة M_3، بحيث يكون $OM_3 = IJ$، ونمدد OM_3 الذي يقطع الدائرة في K. عندئذ يحدد OK القبلة.

يمكن تبرير هذا البناء بالطريقة التالية. أولاً، يمثل QOR وBGC مساقط خط الاستواء السماوي والحركة اليومية لسمت الرأس الخاص بمكة على مستوي الزوال الرأسي. ثم تمثل M_2 مسقط سمت الرأس الخاص بمكة على المستوي الاستوائي. وإذا طابقنا المستوي الاستوائي على مستوي الزوال الرأسي، فإن النقطة M_2 تقع في M_1 التي

تكون إذاً مسقط سمت الرأس الخاص بمكة على المستوي الاستوائي. يضاف إلى ذلك أن M_1IJ يشكل على هذا السطح مسقط المقنطرة (دائرة بارتفاع متساو) المارة بسمت الرأس الخاص بمكة، ونصف قطرها هو IJ. إن M_1I وIJ، علاوة على ذلك، يقيسان على التوالي المسافات من سمت الرأس الخاص بمكة إلى أول متسامتة، وإلى الخط الذي يجمع سمت الرأس المحلي مع النقطة O. أخيراً، باعتبار مستوي الشكل كمستوٍ للأفق، وبمقتضى البناء، تكون النقطة M_3 هي مسقط سمت الرأس الخاص بمكة على هذا المستوي، بحيث يحدد امتداد OM القبلة فعلاً.

الشكل رقم (٤ ـ ٩)

رسم بياني يمثل حل مسألة القبلة الذي عرضه حبش الحاسب. هذا النموذج من الحلول، الذي أخذه المسلمون من مصادر يونانية، معروف باسم analemme. إن مختلف المستويات، أي مستوي خط الزوال وخط الاستواء السماوي والأفق، تتمثل جميعها على مستوٍ واحد، أي مستوي الشكل.

وقد تم حل مسألة القبلة، من جهة أخرى، بواسطة حساب المثلثات الكروي (انظر الفصل الخامس عشر: علم المثلثات). فقد اقترح النيريزي (أقام في بغداد، حوالى سنة ٩٠٠م) الحل التالي الذي يستخدم أربعة تطبيقات لمبرهنة منلاوس (Menelaos)، التي يمكن وصفها بأنها غير عملية. على الشكل رقم (٤ ـ ٨) يجري على التوالي البحث عن الأقواس TR، SR، Z_MK وKS. نحدد أولاً TR معتبرين SRE كقاطع للمثلث TPQ. لدينا:

$$\sin PS / \sin SQ = [\sin PR / \sin RT] . [\sin TE / \sin EQ],$$

أي:

$$\sin (180° - \varphi) / \sin (90° - \varphi) = [\sin (90° + TR) / \sin TR] . [\sin (90° - \triangle L) / \sin 90°]$$

ثم نحدد SR معتبرين QTE كقاطع للمثلث RSP. لدينا:

$$\sin PQ / \sin QS = [\sin PT / \sin TR] . [\sin ER / \sin ES],$$

أي:

$$\sin 90° / \sin (90° - \varphi) = [\sin 90° / \sin TR] . [\sin ER / \sin 90°],$$

من هنا نستخلص ER و$SR (= 90° - ER)$.

ثم نحدد $Z_MK (= h)$ معتبرين SRK كقاطع للمثلث Z_MZP. لدينا:

$$\sin SP / \sin SZ = [\sin PR / \sin RZ_M] . [\sin Z_MK / \sin KZ],$$

أي:

$$\sin (180° - \varphi) / \sin 90° = [\sin (90° + TR) / \sin (TR + \varphi_M)] . [\sin Z_MK / \sin 90°].$$

أخيراً، نحدد $KS (= q)$، معتبرين SZP كقاطع للمثلث Z_MRK. لدينا:

$$\sin KS / \sin SR = [\sin KZ / \sin ZZ_M] . [\sin Z_MP / \sin PR],$$

أي:

$$\sin q / \sin SR = [\sin 90° / \sin (90° - h)] . [\sin (90° - \varphi_M) / \sin (90° + TR)].$$

استخدم الفلكيون المسلمون فيما بعد أيضاً قاعدة الجيوب وقاعدة الظلال لحل المسألة بطريقة هي من حيث الأساس مشابهة للسابقة. وكانت العملية الأكثر شيوعاً، والتي تستعين بحساب المثلثات الكروي، معروفة باسم «طريقة الزيج». وقد ذكرت في العديد من الأعمال، من القرن التاسع إلى القرن الخامس عشر. وتتطلب ببساطة تحديد السمت لسمت الرأس الخاص بمكة على خط الزوال ثم على خط الأفق المحلي. فعلى الشكل رقم (٤ ـ ٨)، نرسم EZ_MF المتعامد مع خط الزوال، ونحدد بذلك $Z_MF = \triangle L'$ و$QF = \varphi'$، وهما المسميان على التوالي اختلاف خط الطول المصحح وخط العرض المصحح. ونجد هاتين القيمتين بواسطة تطبيقين متواليين لقاعدة الجيوب، كما يلي: من المثلثات قائمة الزاوية Z_MFP وTQP نستخلص:

$$\sin Z_MF / \sin TQ = \sin Z_MP / \sin TP,$$

أي:

$$\sin \Delta L' / \sin \Delta L = \sin (90° - \varphi_M) / \sin 90°.$$

من المثلثات قائمة الزاوية FQE وZ_MTE، نستخلص:

$$\sin FQ / \sin Z_MT = \sin FE / \sin Z_ME,$$

أي:

$$\sin \varphi' / \sin (90° - \varphi_M) = \sin 90° / \sin (90° - \Delta L').$$

ثم نحدد $FZ = \Delta\varphi' = \varphi - \varphi'$، المسمى فرق خط العرض المصحح. نشير إلى أن Z_MF وFZ هي إحداثيات Z_M بالنسبة إلى سمت الرأس Z على خط الزوال. نحدد بعد ذلك $Z_MK = h$ وأخيراً $KF = q$، وذلك مرة أخرى بتطبيق مكرر لقاعدة الجيوب نفسها، كما يلي. من المثلثات قائمة الزاوية Z_MKE وFSE، نستخلص:

$$\sin Z_MK / \sin FS = \sin Z_ME / \sin FE,$$

أي:

$$\sin (90° - h) / \sin (90° - \Delta\varphi') = \sin (90° - \Delta L') / \sin 90°.$$

ومن المثلثات قائمة الزاوية KSZ وZ_MFZ، نستخلص:

$$\sin KS / \sin Z_MF = \sin KZ / \sin Z_MZ,$$

أي:

$$\sin q / \sin \Delta L' = \sin 90° / \sin (90° - h).$$

وقد آثر بعض الفلكيين كابن يونس (أقام في القاهرة، حوالى سنة ٩٨٠م) حلولاً بواسطة طرق إسقاطية. في حين أن آخرين كأبي الوفاء (أقام في بغداد، حوالى سنة ٩٧٥م) آثروا حلولاً بواسطة حساب المثلثات الكروي. وقد كتب ابن الهيثم (أقام في القاهرة، حوالى سنة ١٠٢٥م) مؤلفين حول القبلة، حيث يعالج هذين الصنفين من الحلول. ويرتدي حله الشامل لمسألة القبلة بـ «طريقة الزيج»، حيث يدرس بشأنها ١٦ حالة ممكنة، أهمية رياضية بالغة. كما اقترح البيروني (أقام في آسيا الوسطى حوالى ١٠٢٥م) هذين الصنفين من الحلول.

وقد رصد الفلكيون منذ بداية القرن التاسع، وفي آن واحد، الخسوف في بغداد ومكة، من أجل قياس فرق خط الطول بين هاتين المدينتين، وذلك بهدف واضح هو تحديد القبلة في بغداد. وقد كرس البيروني مؤلفاً كاملاً لتحديد القبلة في مدينة غزنة

(حالياً في أفغانستان)[٥]، إذ استخدم طرقاً عديدة متنوعة لقياس فرق خط الطول بين مكة وغزنة، وأخذ المعدل الوسطي للنتائج، ثم أجرى بعد ذلك حساب القبلة بواسطة عمليات مختلفة دقيقة. ويعتبر مؤلّفه أثراً نموذجياً في الجغرافيا الرياضية وفي المنهج العلمي.

وابتداءً من القرن التاسع، أجرى أيضاً فلكيون مسلمون حساب جداول تحدد القبلة تبعاً لخط العرض والطول الأرضيين[٦]، وقد بني بعض الجداول على صيغ تقريبية، في حين بني بعضها الآخر على صيغة دقيقة. وهناك نحو ثمانية جداول مختلفة معروفة من خلال المصادر المخطوطة، ويعود أحد هذه الجداول إلى ابن الهيثم، لكن لم يتسن تحديده حتى الآن. وتبين الصورة رقم (٤ ـ ٥) مقطعاً مأخوذاً من أحد أهم هذه الجداول، والذي وضعه الخليلي، حاسب الوقت المحترف (موقِّت) في مسجد بني أمية في دمشق في القرن الرابع عشر. نذكر كذلك أن وجود جداول الإحداثيات الجغرافية كان الطابع المميز لجميع الموجزات الفلكية العربية. وغالباً ما كانت هذه الجداول تتضمن قيم إحداثيات الكعبة بالنسبة إلى أي موقع.

إن المؤلفات الإسلامية حول استخدام الآلات كالأسطرلاب وأنواع مختلفة من الربعيات، تتضمن عادة فصلاً حول البحث عن القبلة بواسطة الآلة موضوع البحث[٧].

---

(٥) انظر: Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, *Taḥdīd al-amākin*, édition critique par P. G. Bulgakov (Le Caire: Majallat al-Makhtūtāt al-'Arabiyya, 1962); english translation: *The Determination of the Coordinates of Positions for the Correction of Distances between Cities*, a translation from the arabic of al-Bīrūnī's *Kitāb Taḥdīd al-amākin litashīh masāfāt al-masākin* by Jamil Ali, Contennial Publications/American University of Beirut (Beirut: American University of Beirut, 1967), and Edward Stewart Kennedy, *A Commentary upon Bīrūnī's Kitāb Taḥdīd al-Amākin: An 11th Century Treatise on Mathematical Geography* (Beirut: American University of Beirut, 1973).

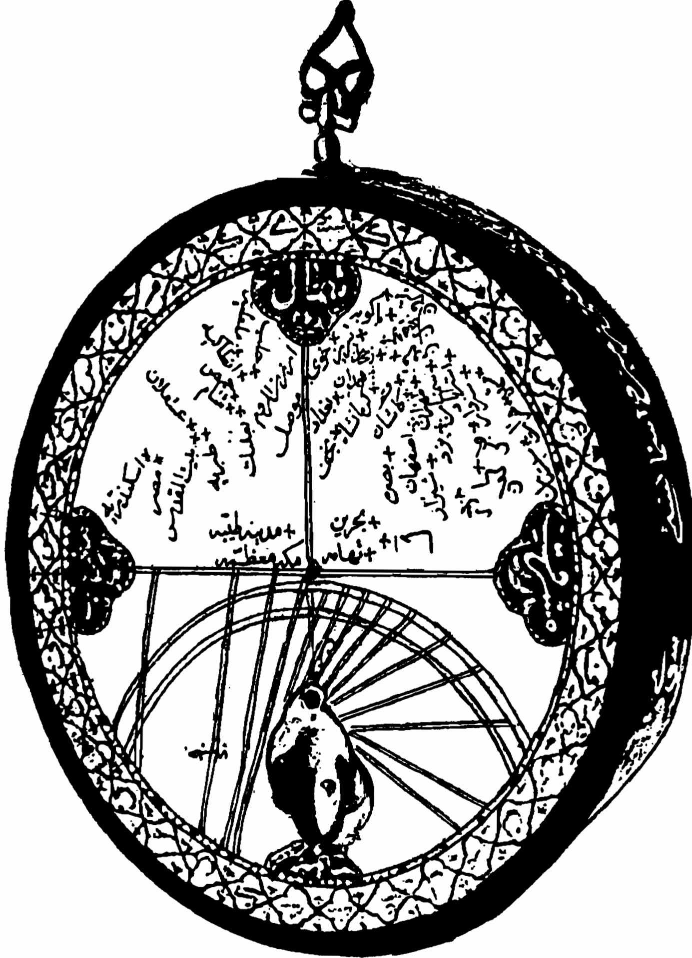
(٦) حول الجداول المخصصة لتحديد القبلة في القرون الوسطى، انظر: King, «The Earliest Islamic Mathematical Methods and Tables for Finding the Direction of Mecca,» pp. 82 - 149; David A. King, «Al-Khalīlī's *Qibla* Table,» *Journal of Near Eastern Studies*, vol. 34, no. 2 (April 1975), reprinted in: King, *Islamic Astronomical Instruments*, XIII, and Richard P. Lorch, «The *Qibla* - Table Attributed to al-Khāzinī,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 4, no. 2 (Fall 1980), pp. 259 - 264.

(٧) حول الآلات التي تسمح بتحديد القبلة، انظر: Richard P. Lorch, «Naṣr b. 'Abdallāh's Instrument for Finding the *Qibla*,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 6, nos. 1 - 2 (1982), pp. 123 - 131; Louis Janin and David A. King, «Ibn al-Shāṭir's *Ṣandūq al-Yawāqīt:* An Astronomical *«Compendium»*,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 1, no. 2 (November 1977), pp. 187 - 256, reprinted in: King, *Islamic Astronomical Instruments*, XII, and David A. King, «Osmanische Astronomische Handschriften und Instrumente,» in: *Türkische Kunst und Kultur der Osmanischen Zeit* (Recklinghausen: Verlag Aurel Bongers, 1985), vol. 2, pp. 373 - 378, reprinted in: King, *Islamic Astronomical Instruments*, XIV.

الصورة رقم (٤ ــ ٥)

مقطع مأخوذ من جدول للقبلة، ألفه الفلكي الدمشقي من القرن الرابع عشر، الخليلي. يعطينا هذا الجدول أفقياً المداخل لخطوط العرض 28°، 29°، . . . 33°، وعمودياً الإزاحات الزاوية المطابقة لفروقات خطوط الطول ابتداءً من 1° الى 60° (باريس، المكتبة الوطنية، المقالة ٢٥٥٨، الورقتان ٥٦ظ ــ ٥٧و، نسخ بعد إجازة مشكورة من مدير المكتبة الوطنية).

وابتداءً من القرن الرابع عشر، انتشرت علب البوصلة، التي كانت تحمل لوائح بالأماكن مع اتجاهات القبلة الخاصة بها، أو تصويراً خرائطياً بسيطاً للعالم حول مكة (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٦)). وقد لقي هذا النوع من الاختراعات مجدداً اهتماماً لافتاً في السنوات الأخيرة، فقد حصلت الخطوط الجوية السعودية على مليون علبة للقبلة من مؤسسة سويسرية لتوزيعها على المسافرين على خطوطها.



الصورة رقم (٤ ـ ٦)

آلة لتحديد القبلة صادرة بوجه الاحتمال من إيران (القرن السابع عشر ـ القرن الثامن عشر). على النصف الأعلى من الميناء تم تحديد مواقع العديد من الأمكنة نسبة إلى مكة التي تقع في الوسط؛ على النصف الأدنى توجد مزولة أفقية خاصة بخط عرض غير محدد (صورة قدمها مشكوراً متحف تاريخ العلوم، أوكسفورد).

ومن الطبيعي أن تكون دقة قيمة إحداثيات قبلة، تم حسابها لموقع معين بطريقة رياضية صحيحة، مرتبطة بدقة المعطيات الجغرافية المتوفرة. وصفة الدقة هنا مرتبطة بمعايير التقويم المستخدمة. وكان الخطأ في تحديدات القرون الوسطى لخط العرض، في العادة، لا يتجاوز بضع دقائق. إلا أن تقديرات فروقات خط الطول بين مكة والأماكن المختلفة كان يصل الخطأ فيها أحياناً إلى عدة درجات. ففي القاهرة مثلاً، تقع القبلة المحددة حديثاً على حوالى ثماني درجات أكثر إلى الجنوب من القبلة التي حددها فلكيو القرون الوسطى، لأن هؤلاء استندوا إلى قيمة لفرق خط الطول هي في الواقع صغيرة جداً، إذ اعتبروا أنها تساوي ثلاث درجات.

ومن الواضح تماماً، وبناءً على اتجاه المساجد المشيدة ما بين القرنين السابع والتاسع عشر، أنه لم تتم دائماً استشارة الفلكيين بصدد القبلة. ومما لا شك فيه أن بعض المساجد موجه بالفعل وفق القبلة التي حددها الفلكيون في الأماكن موضوع البحث، إلا أن عدد مثل هذه المساجد ضئيل جداً.

حول اتجاه العمارة الدينية الإسلامية

تختلف اتجاهات المساجد في منطقة واحدة من العالم الإسلامي، والسبب في ذلك يعود، إلى حد ما، إلى اختلاف اتجاهات القبلات المقترحة في المصادر المتنوعة. لكن اختلاف اتجاه المساجد له أسباب أخرى في بعض المناطق.

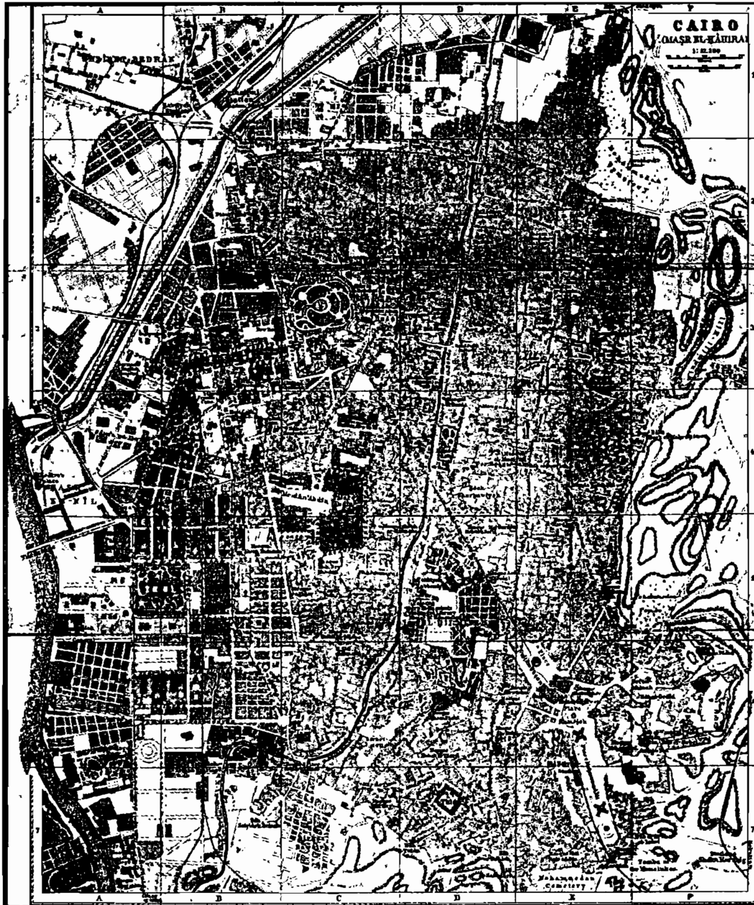
ففي قرطبة مثلاً، وكما نعرف من خلال مؤلف من القرن الثاني عشر حول الأسطرلاب، شيدت بعض المساجد باتجاه شروق الشمس في الانقلاب الشتوي، لأن الاعتقاد السائد آنذاك، أنه، وبهذه الطريقة تكون أسوار المساجد، لجهة القبلة، موازية للسور الشمالي ـ الغربي من الكعبة. فقد كانت بعض السلطات تعتقد أن هذا السور مواجه لشروق الشمس في الانقلاب الشتوي. والمسجد الكبير في قرطبة موجه وفق اتجاه متعامد مع اتجاه شروق الشمس في الانقلاب الصيفي، وذلك عائد إلى السبب نفسه. إن محوره الشرقي، في الواقع، مواز لمحور الكعبة، وهذا ما يفسر اتجاه هذا المسجد نحو الصحارى الجزائرية، بدل أن يكون موجهاً نحو صحارى شبه الجزيرة العربية.

وكما ذكرنا سابقاً، شيد أقدم مسجد في مصر، وهو مسجد عمر في الفسطاط، باتجاه شروق الشمس في الانقلاب الشتوي. وقد بنيت المدينة الجديدة، القاهرة، في نهاية القرن العاشر، على بضعة كيلومترات إلى الشمال من الفسطاط، وفق تصميم للطرق متعامد

تقريباً، على امتداد القناة التي تصل النيل بالبحر الأحمر. وفي الواقع، إنها لمصادفة حقاً أن تكون القناة، التي بناها في الأصل المصريون القدماء ثم رممها الرومان ومن بعدهم المسلمون، تقطع المدينة الجديدة وفق اتجاه متعامد مع قبلة مسجد الصحابة في الفسطاط. وهكذا، فالمدينة بأكملها موجهة وفق قبلة الصحابة (حوالى 27° نحو الجنوب انطلاقاً من الشرق). إلا أن الفاطميين، الذين بنوا المدينة، لم يتنبهوا إلى هذه الميزة التي تتمتع بها مدينتهم. لذلك نجد أن الفلكي الفاطمي ابن يونس قد حدد بطريقة رياضية أن القبلة هي تقريباً على 37° نحو الجنوب انطلاقاً من الشرق. نتيجة لذلك، فقد شيدت المساجد الفاطمية الأولى في القاهرة، أي مسجد الخليفة الحاكم والمسجد الأزهر، وفق اتجاه يحدد مع اتجاه مخطط شوارع المدينة زاوية بقيمة 10° (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٧)). وفي العديد من الصروح الدينية اللاحقة المشيدة في المدينة القديمة، والعائدة إلى العصر المملوكي (من القرن الثالث عشر إلى القرن السادس عشر)، نجد الاتجاه الخارجي للبناء متراصفاً على قبلة الصحابة وعلى تصميم الشوارع، بينما الداخل منحرف بشكل يكون فيه المحراب موجهاً وفق قبلة الفلكيين. وفي ضاحية من القاهرة، اسمها قرافة، نجد المحور الرئيس لهذه الضاحية، والمساجد المختلفة الواقعة على امتداد هذا المحور، جميعها موجهة نحو الجنوب، لأنه كان الاتجاه المفضل للقبلة. وأما «مدينة الأموات»، التي بناها المماليك في الغرب من القاهرة، فهي منظمة بشكل تكون فيه جميع الأضرحة موجهة وفق قبلة الفلكيين، في الداخل والخارج معاً؛ كما أن تصميم الطرق المتعامد تقريباً هو أيضاً موجه وفق هذه القبلة الخاصة.

وفي سمرقند، وكما نعرف من مؤلف فقهي من القرن الحادي عشر للميلاد، فإن المسجد الرئيس موجه نحو غروب الشمس في الانقلاب الشتوي، بحيث يتجه نحو السور الشمالي الشرقي من الكعبة. وكما ذكرنا سابقاً، فقد آثرت مدرسة فقهية معينة الغرب الحقيقي كاتجاه للقبلة، كما آثرت أخرى الجنوب الحقيقي. ونستطيع، دون شك، أن نجد صروحاً دينية مرتبطة بهاتين المدرستين اللتين تعكسان هذا الاختلاف في الآراء. كما كان بعض الصروح الدينية في المدينة أيضاً موجهاً وفق القبلة التي حددها الفلكيون.

ولم تجر حتى الآن سوى دراسة تمهيدية واحدة حول اتجاهات المساجد، تم إعدادها بالاستعانة بأكثر من ألف تصميم متوفر في المصنفات العلمية الحديثة. غير أن أغلب هذه التصاميم لم يتم التحقق منها. لذلك يتعذر الحصول على أية خلاصة من مثل هذه المعطيات. ومن الواضح أن دراسة مخصصة لاتجاه المساجد في كل أنحاء العالم الإسلامي سيكون لها أهمية تاريخية بالغة. ويفترض بمثل هذه الدراسة ألا تقتصر على القياس الدقيق لاتجاه جميع المساجد والمدارس والأضرحة وغيرها من الصروح الدينية، بالإضافة إلى المقابر، بل يجب أيضاً أن تؤخذ مواقع الأفق المحلي بعين الاعتبار، وذلك من أجل السماح بالتحقق من اتجاهات فلكية محتملة. كما يجب تحديد جميع القياسات بالدقة نفسها التي تم التوصل إليها في الأبحاث الأثرية ـ الفلكية التي أجريت في أجزاء أخرى من العالم.



الصورة رقم (٤ ـ ٧)

مخطط مدينة القاهرة في القرون الوسطى، يمثل مسجد الحاكم والمسجد الأزهر، اللذين يملكان محورين منحرفين بقيمة 10° تقريباً بالنسبة إلى تصميم الطرق في المدينة الفاطمية، التي تأسست قبل بضع سنوات في العام ٩٦٩ م. تم توجيه المسجدين وفقاً لقبلة الفلكيين (حوالى 37° نحو الجنوب انطلاقاً من الشرق)، في حين أن المحور الصغير للمدينة موجه وفقاً لقبلة الصحابة الذين فتحوا مصر، أي نحو شروق الشمس في الانقلاب الشتوي (حوالى 27° نحو الجنوب انطلاقاً من الشرق). لاحقاً شيدت «مدينة الأموات» المملوكية بأكملها وفق كعبة الفلكيين. تقع قبلة القاهرة المحددة حديثاً على 45° تقريباً نحو الجنوب انطلاقاً من الشرق، لكن لا علاقة لهذا الأمر مع مسألة اتجاه المساجد في القرون الوسطى.

القسم الثاني: صناعة المزاول: نظرية وتركيب المزاول[٨]

مدخل

تجلى الانتباه الذي أعاره المسلمون لقياس الوقت ولتحديد أوقات الصلاة (انظر القسم الثالث: علم الميقات) في اهتمامهم إلى حد الشغف بصناعة المزاول[٩]. وساهم الفلكيون المسلمون بشكل جوهري في هذا العلم من الناحيتين النظرية والتطبيقية معاً. ولقد وجدت مزاول بأشكال مختلفة، في نهاية القرون الوسطى، في أغلب المساجد الكبرى في العالم الإسلامي.

اكتشف المسلمون المزاول إبان توسعهم في العالم اليوناني ـ الروماني في القرن السابع. ففي دمشق حوالى سنة ٧٠٠م، كان الخليفة عمر بن عبد العزيز قد استخدم مزولة لتحديد أوقات الصلاة النهارية بواسطة ساعات زمنية. وكانت على الأرجح مزولة يونانية ـ رومانية قديمة وجدها في المدينة.

وفي العصور القديمة، كانت الأشكال الأكثر شيوعاً للميناء هي شكلي الميناء نصف الكروي والميناء المسطح. ولا شك أن العلماء المسلمين الأوائل الذين عالجوا علم الفلك الرياضي، كانوا يعرفون أمثال هذه المزاول. لكن الفزاري ويعقوب بن طارق، اللذين عملا في هذا المجال في القرن الثامن، لم يكتبا عن المزاول، بحسب ما نعرفه.

أقدم النصوص في صناعة المزاول

إن أقدم مؤلف عربي عن المزاول حفظته الأيام، هو كتاب يعالج صناعتها، وقد تم اكتشافه منذ عشر سنوات فقط. وذكر فيه أن مؤلفه هو الخوارزمي، الفلكي الذائع الصيت الذي عمل في بلاط الخليفة في بغداد في بداية القرن التاسع. ويتألف هذا العمل بشكل

---

(٨) أي الساعات الشمسية.

(٩) من أجل نظرة عامة، انظر: «Mizwala,» dans: *Encyclopédie de l'Islam.*

حول النظرية الإسلامية للمزولة، بشكل عام، انظر: Karl Schoy: «Gnomonik der Araber,» in: Ernst von Bassermann - Jordan, ed., *Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren* (Berlin; Leipzig: Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger; W. De Gruyter, 1920 - 1925), Bd. 1F, et «Sonnenuhren der Spätarabischen Astronomie,» *Isis,* vol. 6 (1924), pp. 332 - 360.

حول الجداول لصناعة المزاول، انظر دراستي التي ستظهر بعنوان: «Survey of Islamic Tables for Sundial Construction».

رئيسي من مجموعة جداول إحداثيات بهدف صناعة المزاول الأفقية بخطوط عرض مختلفة (بما فيها خط الاستواء)[١٠].

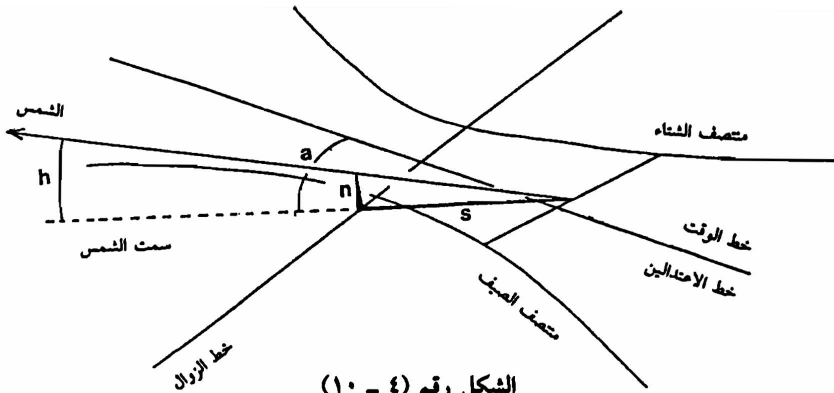
إن الرياضيات الأساسية المستخدمة في هذا المؤلف سهلة نسبياً، وإن كانت الطريقة التي تم بها حساب الجداول دقيقة، إلا أنها تحتاج إلى الشرح. وبما أن القيمتين، h التي تمثل ارتفاع الشمس وa الممثلة للسمت، تتحددان تبعاً لمتتاليات موافقة من خطوط طول الشمس ومن فواصل زمنية، فإن الإحداثيات نصف القطرية لنقاط تقاطع الخطوط الساعية مع آثار الظلال هي ببساطة (n, cotg h, a)، حيث n هي طول شاخص المزولة (انظر الشكل رقم (٤ ـ ١٠)). إن كل جدول من جداول الخوارزمي، موضوع لخط عرض معين، يقدم لكل من الانقلابين القيم الثلاث التالية: ارتفاع الشمس، ظل شاخص المزولة المعياري (١٢ وحدة)، ـ سمت الشمس، أي المجموعة الثلاثية (h, s, a) لكل ساعة زمنية من النهار (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٨)). مع هذه الإحداثيات نصف القطرية التي تمت جدولتها، لا بد أن تكون صناعة المزولة قد أصبحت تقريباً عملاً روتينياً. لذلك نستطيع أن نفترض أن مزاول قد صنعت بالفعل بواسطة هذه الجداول، دون أن تحفظ الأيام أية واحدة منها، زد على ذلك أننا لا نجد في المصادر التاريخية لذلك العصر وصفاً لأي منها.

ولقد كتب الفلكي والرياضي الشهير ثابت بن قرة (الذي أقام في بغداد، حوالى سنة ٩٠٠م) عملاً شاملاً عن نظرية المزولة، سلم في مخطوطة وحيدة. إنه تحفة في الكتابة الرياضية، إلا أنه قليلاً ما أثار انتباه مؤرخي العلوم، منذ نشره في الثلاثينيات من هذا القرن. يعالج مؤلَّف ثابت هذا تحويل الإحداثيات بين مختلف الأنظمة المتعامدة المبينة على ثلاثة مستويات: (١) الأفق، (٢) خط الاستواء السماوي، (٣) مستوي المزولة. والمستوي الأخير هذا يمكن أن يكون مستوي الأفق (a)، أو مستوي خط الزوال (b)، أو مستوي أول متسامتة (c)؛ كما يمكن أن يكون المستوي (d) عمودي على (b) ومنحرف على (c)؛ أو المستوي (e) عمودي على (c) ومنحرف على (b)؛ أو المستوي (f) عمودي على (a)

---

(١٠) حول جداول الخوارزمي المتعلقة بالمزاول، انظر: Boris A. Rosenfeld, *Muhammad Ibn Musa al-Khorezmi* (Moscow: Nauka, 1983), pp. 221 - 234, and David A. King, «Al-Khwārizmī and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century,» *Occasional Papers on the Near East* (New York University, Hagop Kevorkian Center for Near Eastern Studies), vol. 2 (1983), especially pp. 17 - 22.

حول ثابت بن قرة، انظر: Karl Garbers, «Ein Werk Thābit b. Qurra's über ebene Sonnenuhren,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, Abt. A, Bd. 4 (1936), pp. 1 - 80, and P. Luckey, «Thābit b. Qurra's Buch über die ebenen Sonnenuhren,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik*, Abt. B, Bd. 4 (1937 - 1938), pp. 95 - 148.



الشكل رقم (٤ ـ ١٠)
مبادىء نظرية أساسية لصناعة مزولة أفقية مخططة للساعات الزمنية.

ومنحرف على (b)؛ أو المستوي (g) عمودي على (c) ومنحرف على (b)، أي المائل بالنسبة إلى (a) و(b) و(c). (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٨) لاحقاً).

يعطي ثابت صيغاً لتحديد ارتفاع الشمس تبعاً للزاوية الساعية وللميل الزاوي ولخط العرض الأرضي. ومن الواضح أن الحصول على هذه الصيغ قد تم بطرق إسقاطية. كما يعطي صيغاً أخرى لتحويل الإحداثيات، يمكن تفسيرها بمزيد من السهولة بواسطة حساب المثلثات الكروي.

وللأسف لا يعطي أية إشارة إلى الطريقة التي استنتج بواسطتها الصيغ المختلفة، ولا نعرف كيف توصل إليها. حتى وإن كان مطلعاً على كتابات بطلميوس مثل *Analemme*، حيث تناقش تحويلات للإحداثيات مشابهة لتحويلاته، فإن مؤلفه يبدو ثمرة عمل شخصي متعمق في هذه المسألة.

وبحسب علمنا، فإن أي فلكي لاحق لم ينوه بالعمل الكبير الذي وضعه ثابت حول نظرية المزولة. ويبدو أن تأثيره كان محدوداً على صناعة المزاول الإسلامية اللاحقة، رغم أنه العرض الأكثر عمقاً حول هذا الموضوع في اللغة العربية. فقد اهتم الفلكيون المسلمون اللاحقون أكثر بالجانب التطبيقي في صناعة المزاول.

ولقد سلمت أيضاً نسخة وحيدة، يرجع تاريخها إلى القرن الخامس عشر، عن مؤلف تم وضعه في القرن العاشر يعالج صناعة المزاول العمودية. ويعود هذا المؤلف إلى واحد من فلكيينْ بغداديينْ، وهو إما ابن الآدمي أو سعيد بن خفيف السمرقندي، بحيث لم يكن الناسخ ليعرف، وبشكل مؤكد، أيهما كان المؤلف. ويتضمن هذا المؤلف جداول للدالات $a(T, \lambda)$ و$Z(T, \lambda)$ (حيث $Z = 90° - h$ هي المسافة السمتية للشمس) وذلك لكل نصف

الصورة رقم (٤ ـ ٨)

مقطع من جداول الخوارزمي لصناعة مزولة. يظهر المقطع زوج جداول لكل خط من خطوط العرض 21° و28° و33° و35° و40° مبنية على ميل 51° ;23. الزوج الأخير من الجداول هو لخط العرض 30° ;29 لكن مع ميل 35° ;23. إن هذه الجداول موجودة في مؤلف عن الإسطرلابات والمزاول، كتبه السجزي (أقام في إيران، حوالى ٩٧٥م) (اسطنبول، توبكابي، ٣٣٤٢، ٨ + ٩، تم نسخه بعد إذن مشكور من مدير مكتبة توبكابي (Topkapi)).

ساعة زمنية من الوقت المنقضي منذ شروق الشمس في اللحظة T، ولكل 30° من خط طول الشمس λ. إن قيم الدالات معطاة حتى ثلاثة أرقام في النظام الستيني ومحددة حسابياً لخط عرض بغداد، الذي اعتبر مساوياً لـ 33°. وفي المؤلف مجموعة أخرى من الجداول تعطي قيم الدالات sin θ وcotg θ حتى ثلاثة أرقام في النظام الستيني لكل درجة من الحصة. إن الأساس المستخدم للدالة «sinus» هو 10، وهذا غير اعتيادي على الإطلاق. لكنه يعني ببساطة، أن طول شاخص المزولة قد أخذ مساوياً لـ 10. وقد أعطي جدولان للدالة (cotangente)، أحدهما أساسه 10 والآخر 1. إن فائدة هاتين المجموعتين من الجداول لتكوين أزواج من الإحداثيات المتعامدة، المستخدمة في تخطيط المزاول العمودية، بأي اتجاه بالنسبة إلى خط الزوال، هي واضحة. فمن الملاحظ أنه إذا كانت الشمس تملك سمتاً A بالنسبة إلى مزولة عمودية بشاخص عمودي وأفقي طوله n (انظر الشكل رقم (٤ ـ ١١))،

الشكل رقم (٤ ـ ١١)
مبادىء نظرية أساسية لصناعة مزولة عمودية تشكل زاوية بالنسبة إلى خط الزوال المحلي.

فإن الإحداثيات المتعامدة لطرف ظل الشاخص، والتي تقاس بالنسبة إلى المحور الأفقي (x) وإلى المحور العمودي (y)، المارين بقاعدة الشاخص تكون (-n cos A, n cosec A tg h).

وعلى الرغم من أن العديد من الأعمال الهامة القديمة حول صناعة المزاول قد ضاع دون أن يترك أثراً، إلا أنه ما زال هناك العديد من المواد الأخرى القديمة التي تنتظر الدراسة.

نصوص متأخرة حول صناعة المزاول

إن أهم عمل حول نظرية المزولة، في المرحلة المتأخرة من علم الفلك الإسلامي، هو ملخص في علم الفلك الكروي والآلات الفلكية وعنوانه **جامع المبادىء والغايات في علم الميقات**، وقد اقتبسه أبو علي المراكشي، وهو فلكي من أصل مغربي، عمل في القاهرة نحو العام ١٢٨٠م[١١]. ومن الصعب تقدير المساهمة الخاصة بالمراكشي في هذا العمل الضخم (المخطوطة الموجودة في باريس تتضمن ٧٥٠ صفحة). إن الأجزاء الطويلة حول نظرية المزولة مع جداول عديدة، موضوعة بشكل أساسي لاستخدامها في القاهرة. وتبدو هذه الأجزاء أصلية، لكننا لا نملك أية معلومات عن نصوص مصرية سابقة محتملة تقارب نظرية المزولة. علاوة على ذلك، فإن المقسي (انظر أدناه) الذي كان ناشطاً في عصر المراكشي، كان مستقلاً عنه، على ما يبدو.

مارس مؤلف المراكشي لاحقاً تأثيراً واسعاً في الأوساط الفلكية في مصر وسوريا وتركيا. وقد حل هذا المؤلف في العديد من النسخات المخطوطة. وعلى الرغم من أنه المصدر الأهم فيما يتعلق بالآلات الإسلامية، إلا أنه، وحتى الآن، لم يحصل من المؤرخين على الاهتمام الذي يستحقه. فقد نشر ج.ج. سيديّو (J. J. Sédillot) في حوالى العام ١٨٣٤ ـ ١٨٣٥ ترجمة فرنسية للنصف الأول من العمل، الذي يعالج الفلك الكروي ونظرية المزولة. كما نشر ل. أ. ب. سيديّو (L. A. P. Sédillot) الابن في العام ١٨٤٤ موجزاً مشوشاً إلى حدٍ ما عن النصف الثاني الذي يعالج آلات أخرى.

---

(١١) حول مؤلف الخوارزمي، انظر: Abū ‘Ali al-Hasan Ibn ‘Ali al-Marrâkushī, *Traité des instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Aboul Hassan Ali du Maroc...*, traduit de l'arabe par J. J. Sédillot et publié par L. A. Sédillot, 2 vols. (Paris: Imprimerie royale, 1834 - 1835), réimprimé (Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften, 1985), et L. A. Sédillot, «Mémoire sur les instruments astronomiques des arabes,» *Mémoires de l'académie royale des inscriptions et belles - lettres de l'institut de France*, vol. 1 (1844), pp. 1 - 229, réimprimé (Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften, 1985).

الصورة رقم (٤ ـ ٩)

مقطع من جداول المقسي لصناعة المزاول العمودية لخط عرض القاهرة.
هذا الجدول الخاص أعد لانحراف قدره 15° على خط الزوال (القاهرة، دار الكتب، ميقات ١٠٣، الورقتان ٦٨ظ ـ ٦٩و، تم نسخه بعد إذن مشكور من مدير المكتبة الوطنية المصرية).

إن دراسة المراكشي للمزاول، المزينة بشكل وافر بالرسوم البيانية، ترتكز على وصف طرق الصناعة. فلم يتم فيها التوسع في القاعدة النظرية، وهي لا تعطي أية إشارة إلى طريقة وضع الجداول العديدة. ويعالج النص المزولة الأفقية والمزولة العمودية والمزولة الأسطوانية والمزولة المخروطية، بالإضافة إلى ذلك هناك بحث للمزاول «بشكل أجنحة». في هذه الأخيرة تغطي التخطيطات سطحين مستويين متجاورين، يملكان محوراً مشتركاً في المستوي الأفقي أو العمودي. كما يتضمن العمل أيضاً وصفاً لمجموعة سلالم ورسوم بيانية لقياس الظلال، ولتحويل الظلال الأفقية والعمودية، ولحساب المطالع. ويبدو أن الجهاز المعروف باسم «ميزان الفزاري» مرتبط بالفلكي الذي يحمل هذا الاسم والذي عاش في القرن الثامن للميلاد.

وقد اقتبس الفلكي القاهري المقسي، معاصر المراكشي، مجموعة من الجداول لصناعة المزاول التي كانت إلى حد ما شائعة بين الفلكيين المصريين اللاحقين. وقد وضع جداول لرسم المزاول الأفقية لخطوط عرض مختلفة. إلا أن الجزء الأكبر من مؤلفه يتشكل من جداول لرسم المزاول العمودية لخط عرض القاهرة. فقد وضع لكل درجة انحراف على خط الزوال المحلي، جدولاً لإحداثيات نقاط تقاطع خطوط الساعات الزمنية وللعصر مع آثار الظل في الاعتدالين والانقلابين (انظر الصورة رقم (٤ ـ ٩)). وبعد المراكشي والمقسي جمع العديد من الفلكيين جداول واسعة لصناعة المزاول لخطوط عرض معينة، وبخاصة لخطوط القاهرة ودمشق واسطنبول، وما زالت هذه الجداول تنتظر من يقوم بدراستها.

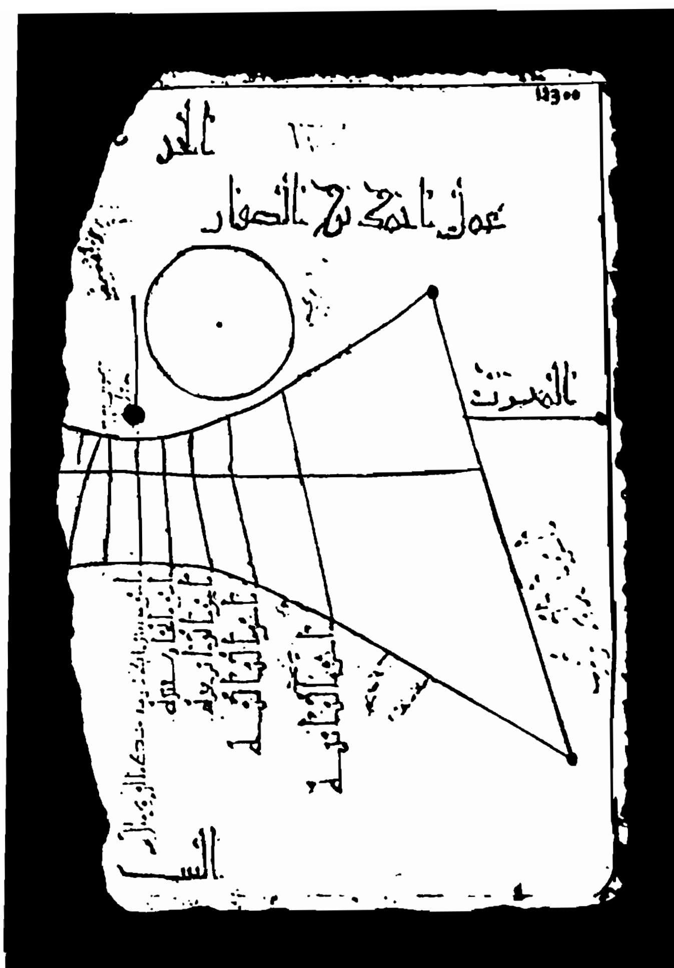
المـــزاول

لم يبق من القرون الوسطى سوى بضع مزاول فقط، ولا بد أن المئات بل الآلاف قد صنعت ابتداءً من القرن التاسع للميلاد. إلا أن الأغلبية الساحقة منها قد اختفت دون أن تترك أي أثر. وأغلب المزاول الباقية، والتي تمت صناعتها قبل العام ١٤٠٠م، معروفة ومكتوب عنها، مع ذلك لم توضع حتى الآن أية قائمة بهذه المزاول.

يحمل أغلب المزاول الإسلامية خطوطاً للساعات (زمنية أو اعتدالية) ولصلاتَيِ الظهر والعصر. وبما أن بدء هاتين الصلاتين يتحدد بواسطة أطوال الظل (انظر القسم الثالث: علم الميقات)، لذلك كان تعيين أوقات الصلاة بواسطة المزولة ملائماً تماماً.

المزاول الأفقية

إن أقدم مزولة إسلامية حفظتها الأيام (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٠))، هي من صنع ابن الصفّار، الفلكي الشهير الذي عمل في قرطبة حوالى العام ١٠٠٠م. وقد سلم فقط



الصورة رقم (٤ ـ ١٠)

أقدم مزولة إسلامية محفوظة، صنعها حوالى العام ١٠٠٠م في قرطبة ابن الصفّار. يمكن فقط رؤية منحني الظهر على هذا الجزء، لكن هناك أيضاً، على وجه الاحتمال، منحنيات لبداية ونهاية العصر (صورة قدمها مشكوراً متحف الآثار لمنطقة قرطبة).

نصف الجهاز، إلا أن الباقي كان كافياً لإثبات أن صناعة المزاول لم تكن من اختصاص ابن الصفار. فالمزولة هي من الطراز الأفقي، وتتضمن خطوطاً لكل ساعة زمنية، وقد جاء بعضها متكسراً عند تقاطعه مع أثر الظل للاعتدال، والأثر بدوره غير مستقيم. كما أن هنالك خطاً لصلاة الظهر، ومن المفروض أن يكون هناك أيضاً خط للعصر. والشاخص مفقود، لكن طوله مبين بواسطة نصف قطر الدائرة المنقوشة على المزولة. إن العديد من المزاول الأندلسية الأكثر قدماً والتي بقيت، تعتبر شواهد ضعيفة على مهارة صناعها. فالعديد منها مشوه بأخطاء جسيمة، وإحداها، ومن وجهة نظر عملية، غير قابلة للاستعمال إطلاقاً. ومع ذلك، فلا بد أن مزاول صحيحة قد صنعت في الأندلس في القرون الوسطى[١٢].

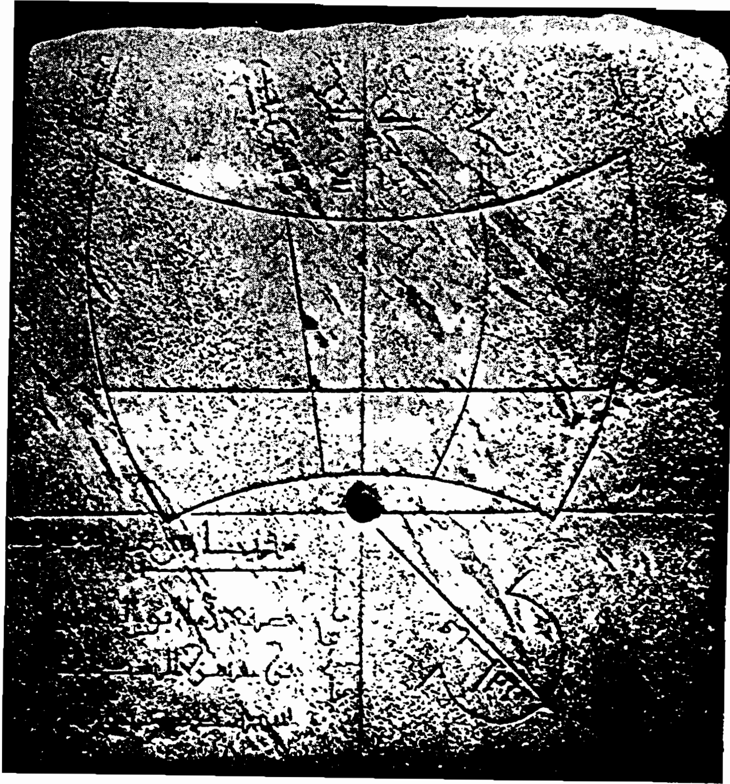
إن المزولة التونسية في الصورة رقم (٤ ـ ١١) تعتبر عملاً أكثر إتقاناً من المزاول الأندلسية المذكورة أعلاه. فقد صنعها في العام ١٣٤٥/١٣٤٦ م أبو القاسم بن الشداد. إنها تمثل فائدة تاريخية كبيرة، لأن خطوطها تعطي فقط ساعات النهار التي تحمل معاني دينية ولا تعطي الساعات الزمنية. أما لفترة ما بعد الظهر (الجهة اليمنى) فقد رسمت منحنيات الظهر والعصر بالتوافق مع التحديدات الشائعة في الأندلس والمغرب. وبالنسبة

(١٢) حول المزاول الأندلسية، انظر: David A. King, «Three Sundials from Islamic Andalusia,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 2, no. 2 (November 1978), pp. 358 - 392, reprinted in: King, *Islamic Astronomical Instruments*, XV.

ونوقشت المزولة التونسية في: David A. King, «A Fourteenth - Century Tunisian Sundial for Regulating the Times of Muslim Prayer,» in: W. Saltzer and Y. Maeyama, eds., *Prismata: Festschrift für Willy Hartner* (Wiesbaden: Franz Steiner, 1977), pp. 187 - 202, reprinted in: King, *Islamic Astronomical Instruments*, XVIII.

حول مزولة ابن الشاطر، انظر: Louis Janin, «Le Cadran solaire de la Mosquée Umayyade à Damas,» *Centaurus*, vol. 16, no. 4 (1972), pp. 285 - 298, reprinted in: Edward Stewart Kennedy and I. Ghanem, *The Life and Work of Ibn al-Shāṭir: An Arab Astronomer of the Fourteenth - Century* (Aleppo: Institute for the History of Arabic Science, 1976).

وصفت مزاول أخرى في القرون الوسطى في: P. Casanova, «La Montre du Sultan Noūr ad-Dī n (544 de l'Hégire = 1159 - 1160),» *Syria*, vol. 4 (1923), pp. 282 - 299; Louis Janin and David A. King, «Le Cadran solaire de la Mosquée d'Ibn Tūlūn au Caire,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 2, no. 2 (November 1978), pp. 331 - 357, reprinted in: King, *Islamic Astronomical Instruments*, XVI; A. Bel, «Trouvailles archéologiques à Tlemcen: Un cadran solaire arabe,» *Revue africaine*, vol. 49 (1905), pp. 228 - 231; Louis Janin, «Quelques aspects récents de la gnomonique tunisienne,» *Revue de l'occident musulman et de la Méditerranée*, vol. 24 (1977), pp. 207 - 221, et Henri Michel et A. Ben - Eli, «Un cadran solaire remarquable,» *Ciel et terre*, vol. 81 (1965).



الصورة رقم (٤ ـ ١١)

مزولة تونسية من القرن الرابع عشر للميلاد، حيث يشار إلى أربع ساعات من النهار، تملك معنى دينياً (ملكية المتحف الوطني في قرطاجة؛ نسخة قدمها مشكوراً آلان بريو (Alain Brieux)، باريس).

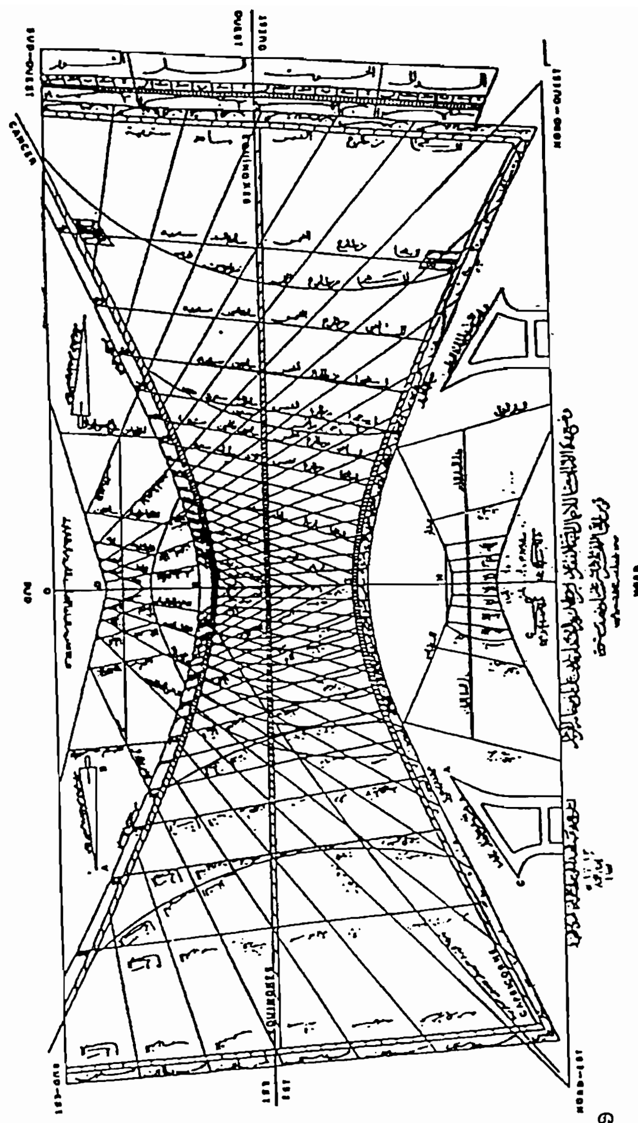
الى الفترة الصباحية، فهناك منحنٍ للضحى، متناظر مع منحني العصر نسبة إلى خط الزوال. كما أن هنالك خط للساعات الموافقة لنظام «التأهيب»، أي ساعة اعتدالية قبل الظهر، والنظام هذا مرتبط بالعبادة الجماعية يوم الجمعة. إن تناظر منحنيات الضحى والعصر على المزولة هو الذي يؤدي، وللمرة الأولى، إلى فهم تحديدات أوقات الصلاة النهارية في الإسلام. كما يظهر التفحص المتنبه للخطوط على المزولة، أن منحنيات انقلاب الشمس مرسومة كأقواس

دوائر وليس كقطوع زائدة. تشكل هذه المزولة إذاً، مثالاً ملفتاً عن التقليد، حيث كانت ترسم خطوط انقلاب الشمس، ذلك التقليد الذي يفترض أنه كان منتشراً بشكل واسع في العصر الوسيط في الأندلس والمغرب.

وأما الفلكي ابن الشاطر، وهو رئيس الموقتين في جامع بني أمية في دمشق في منتصف القرن الرابع عشر، فقد صنع في العام ١٣٧١/١٣٧٢م مزولة أفقية رائعة قوامها متران على متر تقريباً (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٢)). وقد نصبت في باحة المسجد في الجهة الجنوبية من المئذنة الرئيسية للجامع، ولا تزال أجزاؤها معروضة في حديقة المتحف الوطني في دمشق. وقد صنع الموقت الطنطاوي في العام ١٨٧٦م نسخة مطابقة للأصلية، ما زالت مستقرة أيضاً في مكانها على المئذنة. كما عملت ذرية طويلة للموقت في المسجد من القرن الرابع عشر حتى القرن التاسع عشر، واستخدمت على ما يبدو مزولة ابن الشاطر لتحديد أوقات الصلاة، كذلك استخدمت الجداول ومختلف الآلات التي كانت متوفرة لديها.

تملك مزولة ابن الشاطر ثلاث مجموعات أساسية من الخطوط. وفي الواقع، هناك ثلاث مزاول منقوشة على البلاطة الرخامية. إن المزولة الصغيرة مع الشاخص الخاص بها، في الجهة الشمالية، تحمل خطوطاً للساعات الزمنية ولصلاة العصر. كما أن المزولة الصغيرة، في الجهة الجنوبية، تحمل خطوطاً للساعات الاستوائية لفترة ما قبل الظهر وما بعده، وكذلك لفترة ما بعد شروق الشمس وما قبل غروبها. إن شاخصها المتوازي مع محور القبة السماوية، متراصف ببراعة مع الشاخص الأكبر للمزولة الثالثة والرئيسية. وتحمل هذه المزولة الأخيرة خطوطاً مطابقة لفواصل زمنية من 20 إلى 20 دقيقة قبل الظهر وبعده، كذلك لفواصل من 20 الى 20 دقيقة استوائية انطلاقاً من شروق الشمس حتى الظهر، وفواصل من 20 الى 20 دقيقة قبل غروب الشمس انطلاقاً من الظهر. هناك أيضاً منحنيات موافقة لفواصل من 20 إلى 20 دقيقة حتى صلاة العصر انطلاقاً من ساعتين قبل الصلاة، كما أن هناك منحنيات للساعتين الثالثة والرابعة بعد الفجر وقبل هبوط الليل. أخيراً، هناك منحنٍ للحظة الواقعة قبل فجر اليوم التالي بثلاث عشرة ساعة ونصف الساعة. وقد قال الطنطاوي إنه شخصياً قام بإضافة المنحني الأخير إلى مزولة ابن الشاطر.

وهكذا يمكن استخدام المزولة لقياس الوقت المنقضي بعد شروق الشمس في فترة الصباح، والوقت المتبقي للانقضاء قبل غروبها في فترة ما بعد الظهر، وكذلك الوقت قبل الظهر وبعده. وتقيس هذه المزولة الوقت بالنسبة إلى صلاتي الظهر والمغرب، ويسمح منحني العصر فيها بقياس الوقت بالنسبة إلى هذه الصلاة. كما تستخدم المنحنيات المرتبطة بهبوط الليل وقيام النهار لقياس الوقت بالنسبة الى صلاتي العشاء والفجر، فعندما يقع الظل على هذه الخطوط، فعلى الموقت أن يعرف مثلاً أن العشاء يبدأ بعد أربع أو ثلاث ساعات، كما يكون باستطاعته أن يرى كيف يكون مظهر السماء عند هبوط الليل بواسطة أسطرلابه



الصورة رقم (٤ ـ ١٢)

تخطيطات مزولة ابن الشاطر، التي كانت تزين سابقاً المئذنة الرئيسة لمسجد بني أمية في دمشق. بقيت من المزولة الأصلية أجزاء محفوظة في حديقة متحف الآثار في دمشق. هذه الصورة هي للنسخة المطابقة للمزولة الأصلية، التي صنعها في القرن التاسع عشر الموقت الطنطاوي، والتي ما زالت على المئذنة في المكان نفسه (قدمها مشكوراً القسم السوري للآثار والمغفور له آلان بريّو، باريس).

أو ربعيته. إن سبب اهتمام الموقت باللحظات الواقعة بعد صلاة الفجر بأربع أو ثلاث ساعات غير واضح. لكن عندما يقع الظل على منحني الطنطاوي الموافق للحظة الواقعة قبل الفجر بثلاث عشرة ساعة ونصف الساعة، يكون باستطاعة الموقت أن يتحقق بواسطة آلة أخرى من المظهر السماوي لفجر اليوم التالي. وقد تم اختيار اللحظة الواقعة قبل الفجر بثلاث عشرة ساعة ونصف الساعة، لأنها اللحظة الأكثر تأخراً، والتي يمكن إبرازها على المزولة. إن مزولة ابن الشاطر تعد تحفة في الإبداع والاختراع ومثالاً يدل على براعة تقنية استثنائية. وقد وصفت هذه المزولة للمرة الأولى في المصنفات العلمية عام ١٩٧٢. وتعتبر، بلا ريب، أجمل مزولة في العصر الوسيط.

المزاول العمودية

لم تبق أية مزولة عمودية تعود إلى القرون الأولى من علم الفلك الإسلامي، غير أننا نعرف أنها صنعت، وذلك استناداً إلى المؤلفات الموضوعة عن استخدام هذه المزاول، ابتداءً من القرن التاسع.

إن أقدم مزولة محفوظة مصدرها مصر وسوريا، البلدين المسلمين، هي مزولة عمودية يدوية بسيطة، صنعت في العام ١١٥٩/ ١١٦٠م. وتستخدم لقياس الساعات الزمنية وتحمل مجموعتي خطوط على الوجهين، إحداهما لخط العرض 33° (دمشق) والأخرى لخط العرض 36° (حلب). وهذه الآلة معروفة من خلال نصوص، كمؤلف المراكشي، حيث تسمى «ساق الجرادة» ولاستخدامها يجب إمساكها في مستوٍ متعامد مع مستوي الشمس، بحيث يكون الشاخص مثبتاً في واحد من الثقوب الستة في الرأس (كل ثقب منها يقابل زوجاً من أزواج صور البروج بين انقلابي الشمس). فيقع عندئذ ظل طرف الشاخص على الخطوط، ويمكن بذلك قياس الوقت بساعات زمنية. يقول النقش الموجود عليها، والذي يتضمن إهداءً إلى السلطان نور الدين زنكي، إن الخطوط تستخدم لتحديد الساعات الزمنية وأوقات الصلاة، ومن هنا نستنتج أن أوقات صلاتي الظهر والعصر كانت محددة كساعات زمنية خاصة.

عرف النوع الأكثر انتشاراً للمزولة العمودية، ابتداءً من القرن التاسع، تحت اسم «منحرفة»، الذي يعني ببساطة «عمودية ومنحرفة على خط الزوال». وعادة، كانت توجد على هذه المزاول خطوط لكل ساعة زمنية ولصلاة العصر، متصلة بأثرين لظل على شكل قطعين زائدين لانقلابي الشمس. ولا بد أن جداول، كتلك التي وضعها المقسي (انظر أعلاه)، كانت مفيدة بوجه خاص لصناعة مثل هذه المزاول على أسوار المساجد.

اللازم الفلكي

ابتكر الفلكي السوري ابن الشاطر إبان القرن الرابع عشر لازماً فلكياً، أو آلة باستعمالات متعددة[١٣]. وقد جمعت كل الأجزاء المختلفة المتحركة للآلة في علبة قليلة العمق بقاعدة مربعة، مقفلة بغطاء ذي مفاصل. وعلى خارج الغطاء ثبتت عضادة (ذراع متحرك) تستطيع الدوران فوق سلسلة من الخطوط، وبذلك يمكن مستخدم الآلة أن يحسب المطالع المائلة لدمشق ولخطوط العرض 30° و40° و50°. كما يمكن للغطاء أن ينفتح بشكل يكون فيه متوازياً مع خط الاستواء السماوي، وذلك لسلسلة من ستة أماكن قائمة في سوريا ومصر والحجاز. كما يمكن وضع جهازين بصريين للتصويب في طرفي العضادة بشكل متعامد معها، بحيث يكون باستطاعتها أن تكون متراصفةً استوائياً مع الشمس أو مع أي نجم آخر في نصف الكرة الشمالي، ويمكن قراءة الزاوية الساعية على سلم قياس دائري موجود على الغطاء. كما أن مزولة قطبية تحمل خطوطاً منقوشة على صفيحة متحركة، يمكن تركيبها بحيث ترتكز بقليل من الثبات على أجهزة التصويب المثبتة على العضادة التي يجب أن تكون في هذه الحالة أفقية. وبواسطة هذه المزولة القطبية، الموضوعة بهذا الشكل، نستطيع قراءة الساعات الاعتدالية قبل الظهر وبعده، كذلك نستطيع رؤية حلول ساعة العصر (غير أن ابن الشاطر كان يخطىء باعتقاده أن منحني العصر المرسوم على مزولة لخط العرض صفر يمكن استخدامه بشكل شامل بهذه الطريقة).

أما الفلكي المصري الوفائي فقد ابتكر أيضاً، وخلال القرن الخامس عشر، لازماً فلكياً آخر أسماه «دائرة المعدل»، أي ما معناه بشكل حرفي «الدائرة الاستوائية». وتتألف هذه الآلة من حاضن نصف دائري، مثبت في طرفي قطره على قاعدة أفقية، وقابل للوضع في مستوٍ موازٍ لخط الاستواء السماوي في أي خط عرضٍ كان. كما تتألف أيضاً من جهاز بصري خاص للتصويب، مثبت شعاعياً على الحاضن، بحيث يمكن قياس الزاوية الساعية لأي

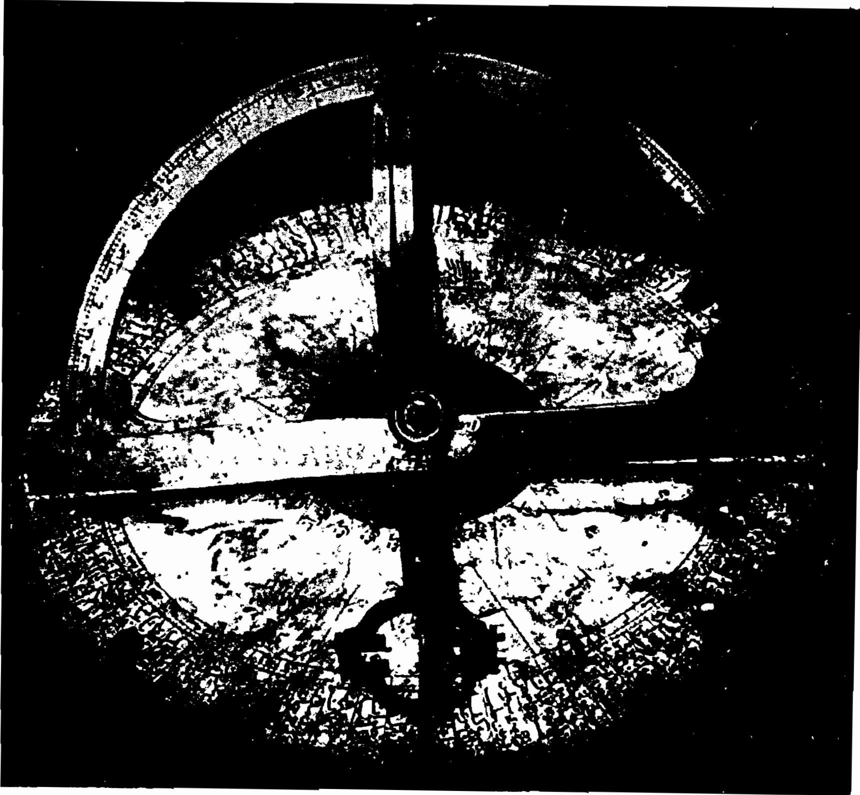
---

(١٣) نوقش اللازم الفلكي لابن الشاطر في: Janin and King, «Ibn al-Shāṭir's *Ṣandūq al-Yawāqīt:* An Astronomical *«Compendium»*,» pp. 187 - 256.

نوقش اللازم الفلكي للوفائي، في: S. Tekeli, «(The) *Equatorial Armilla* of Iz(z) al-Din b. Muhammad al-Wafa'i and (the) *Torquetum*,» *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih - Cojrafya Fakültesi Dergisi*, vol. 18 (1960), pp. 227 - 259; W. Brice, C. Imber and R. Lorch, «The Dā'ire-yi Mu'addal of Seydī 'Ali Re'īs,» paper presented at: Seminar on Early Islamic Science, University of Manchester, 1, 1976, and Muammer Dizer, «The Dā'irat al-Mu'addal in the Kandilli Observatory, and Some Remarks on the Earliest Recorded Islamic Values of the Magnetic Declination,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 1, no. 2 (November 1977), pp. 257 - 262.

جرم سماوي، يكون ميله الزاوي الشمالي أقل من ميل فلك البروج (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٣). وتحمل قاعدة الآلة خطوطاً تشير إلى القبلة لأماكن مختلفة، كما تحمل أحياناً مزولة أفقية لخط عرض خاص.

إن دراسة مسألة تأثير اللوازم الفلكية الإسلامية على اللوازم الفلكية، التي كانت شائعة في أوروبا إبان عصر النهضة، لا تزال ضرورية للغاية. وفي ما يتعلق بالمؤلفات الإسلامية عن المزاول، نذكر أن العمل الوحيد المعروف في أوروبا، هو ذلك الذي تم إدراجه في *Libros del Saber* في القرن الثالث عشر، لكنه كان خالياً من أية نظرية مفصلة ومن الجداول أيضاً، وهذه سمة ميزت أغلب المؤلفات الإسلامية حول هذا الموضوع.



الصورة رقم (٤ ـ ١٣)

لازم فلكي من طراز يعرف باسم «دائرة المعدل»، مفيدة بشكل خاص لقياس الزاوية الساعية للشمس أو لأي نجم، على أي خط عرض (نسخة قدمها مشكوراً مدير متحف تاريخ العلوم، مرصد كَنْدِلِّي (Kandilli)، اسطنبول).

القسم الثالث: علم الميقات: القياس الفلكي للوقت

مدخل

إن ما يسمى «علم الميقات» هو علم القياس الفلكي للوقت، بشكل عام، بواسطة الشمس والنجوم. وهو بشكل خاص، علم تحديد ساعات (مواقيت) الصلوات الخمس[14]. وبما أن حدود الفواصل الزمنية المسموح بها للصلاة محددة تبعاً لموقع الشمس الظاهري في السماء بالنسبة إلى الأفق المحلي، فإن أوقات الصلاة تتغير على امتداد السنة وترتبط بخط العرض الأرضي. وعندما يتم حساب أوقات الصلاة تبعاً لخط زوال مختلف عن الخط المحلي، فإنها ترتبط أيضاً بخط الطول الأرضي[15].

أوقات الصلاة في الإسلام

لقد تحددت أوقات الصلاة المبينة في القرآن الكريم والحديث الشريف في صيغة شرعية في القرن الثامن للميلاد، واتبعت بشكل دائم منذ ذلك الوقت (انظر الشكلين رقمي (٤ ـ ١٢) و(٤ ـ ١٣)). ووفقاً لهذه التحديدات الشرعية، يبدأ اليوم الإسلامي وكذلك الفاصل الزمني لصلاة المغرب، عندما يغيب قرص الشمس في الأفق. وتبدأ الفواصل الزمنية لصلاتي العشاء والفجر عند هبوط الليل وقيام النهار، على التوالي. كما يبدأ الوقت الجائز لصلاة الظهر، عادة، بعد أن تتجاوز الشمس خط الزوال، أي عندما نلاحظ أن ظل جسم ما يبدأ بالنمو. ووفقاً للممارسة التي كانت متبعة في الأندلس والمغرب في

---

(١٤) حول الصلوات في الإسلام، انظر: «Ṣalāt,» dans: *Encyclopédie de l'Islam.*

وحول التطورات الأولى للمؤسسة، انظر: K. Lech, *Geschichte des Islamischen Kultus* (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, [n. d.]), Bd. 2: *Das Gebet.*

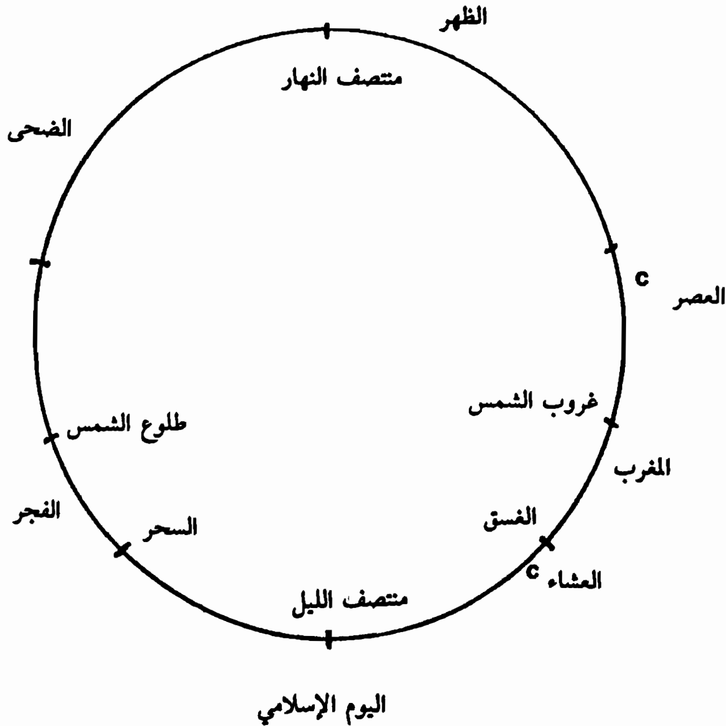
من أجل رؤية عامة حول قياس الوقت في الإسلام، انظر أيضاً: «Mīkāt,» dans: *Encyclopédie de l'Islam.*

(١٥) حول تحديدات أوقات الصلاة، كما تظهر في المصادر الفلكية، انظر: Eilhard E. Wiedemann and J. Frank, «Die Gebetszeiten im Islam,» *Sitzungsberichte der Physikalischmedizinischen Sozietät in Erlangen,* Bd. 58 (1926), pp. 1 - 32, réimprimé dans: Eilhard E. Wiedemann, *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte,* Collectanea; VI, 2 vols. (Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970), vol. 2, pp. 757 - 788.

من أجل مناقشة البيروني، انظر: Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences,* pp. 299 - 310.

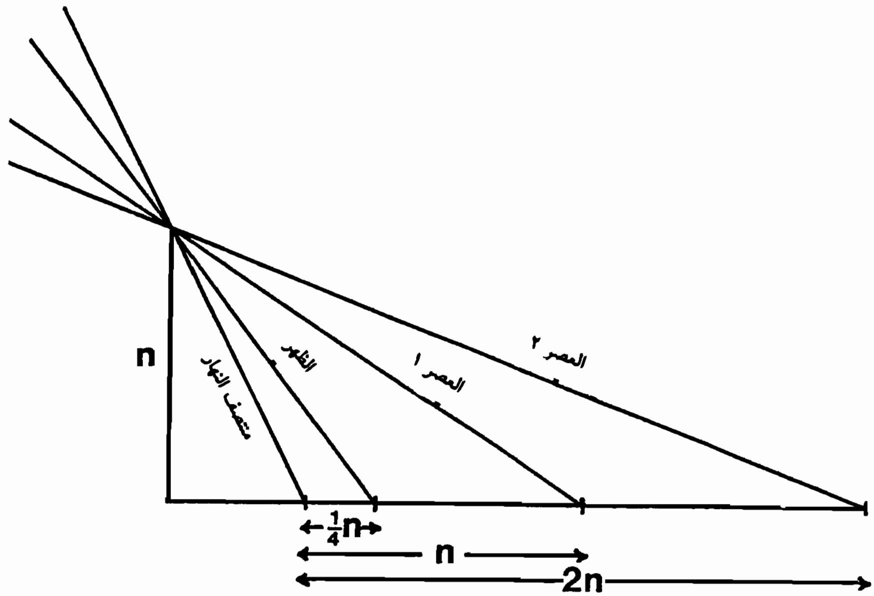
حول مصدر هذه التحديدات، انظر: David A. King, «New Light on the Origin of the Prayers in Islam,» in: *Oriens.*

القرون الوسطى، فإن وقت صلاة الظهر يبدأ عندما يتجاوز ظل شاخص ما عمودي، عند الظهيرة، حده الأدنى بمقدار ربع طول الشاخص. كما يبدأ الفاصل الزمني لصلاة العصر عندما يصبح نمو الظل مساوياً لطول الشاخص، وينتهي عندما يصبح هذا النمو معادلاً لضعفي طوله، أو عند غروب الشمس. وفي بعض الأوساط تم اعتماد صلاة إضافية



الشكل رقم (٤ ـ ١٢)

يبدأ اليوم الإسلامي عند غروب الشمس، لأن التقويم قمري، والأشهر تبدأ عند رؤية الهلال بعد غروب الشمس بقليل. هناك خمس صلوات شرعية: تتحدد أوقات الصلوات النهارية بواسطة طول الظلال، وأوقات الصلوات الليلية بواسطة ظواهر تحدث في الأفق وبواسطة الغسق والسحر. هناك صلاة سادسة، معتمدة عند بعض الجماعات، اسمها الضحى وتقع في منتصف الصبيحة. انظر كمثال، الصورة رقم (٤ ـ ١٧) لاحقاً (اسطنبول) والصورة رقم (٤ ـ ١١) في القسم الثاني المتعلق بـ «صناعة المزاول» (تونس).



الشكل رقم (٤ ـ ١٣)

تحديدات القرون الوسطى شرعية لصلاتي الظهر (الأندلس والمغرب) والعصر،
بواسطة نمو الظل.

مسماة صلاة الضحى، وقد حددت في اللحظة التي تسبق الظهيرة بفاصل زمني مساوٍ للفاصل بين الظهيرة والعصر(١٦).

تبدو أسماء الصلوات النهارية مشتقة من أسماء الساعات الزمنية الموافقة لها في اللغة العربية الكلاسيكية ماقبل الإسلام. وقد تم الحصول على هذه الساعات بقسمة الفاصل الزمني بين شروق الشمس وغروبها إلى اثني عشر جزءاً. ويمثل تحديد أوقات الصلوات تبعاً لنمو الظل (بالمقابلة مع أطوال الظلال المذكورة في الحديث الشريف) وسيلة عملية لضبط الصلوات تبعاً للساعات الزمنية. كما تتطابق تحديدات الضحى والظهر والعصر،

(١٦) حول العمليات التي أوصى بها الفقهاء، وفي مؤلفات الفلك الشائع، انظر: David A. King, «A Survey of Medieval Islamic Shadow Schemes for Simple Timereckoning,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften*, Bd. 4 (1987).

تبعاً لنمو الظل، مع ساعات النهار الزمنية الثالثة والسادسة والتاسعة. وتتحدد العلاقة بين هذه الصلوات والساعات الزمنية بواسطة صيغة هندية تقريبية تجمع بين نمو الظل وهذه الساعات (انظر أدناه)[١٧].

تصاميم حسابية بسيطة للظلال من أجل قياس الوقت

قبل أن نباشر بدراسة نشاط الفلكيين المسلمين بصدد «علم الميقات»، تجدر الإشارة إلى أن الجداول والآلات لم تعرف انتشاراً واسعاً في الممارسة الشائعة. وبالمقابل، وكما نعرف من خلال المؤلفات المتعلقة بعلم الفلك الشائع والأحكام الشرعية، فإن صلوات النهار قد جرى ضبطها بواسطة تصاميم حسابية بسيطة للظلال، من الصنف نفسه العائد للتصاميم التي اعتمدها من قبل علم الفلك الشائع الهلينستي والبيزنطي. وقد تم تحديد حوالى عشرين تصميماً مختلفاً في المصادر العربية. لكنها في أغلب الحالات لم تكن وليدة ملاحظة ثاقبة، والقسم الأكبر منها جاء مشوشاً بسبب أخطاء النساخ. وعادة، تعطي هذه التصاميم، لكل شهر من السنة، قيمة واحدة، برقم واحد، لطول ظل عند الظهيرة يعود لإنسان يبلغ طوله سبع أقدام. نعرض تصميماً من هذا الصنف، ورد ذكره في العديد من المصادر (نبدأ مع القيمة التي تعود إلى شهر كانون الثاني):

5 4 2 1 2 3 5 7 9 أو 10 8 6

إن القيم الموافقة لطول الظل، عند بدء صلاة العصر، هي أكبر بسبع وحدات لكل شهر.

ولقد وضع بعض التصاميم الحسابية الأخرى من أجل تحديد طول الظل في كل ساعة زمنية من النهار. وكانت الصيغة الأكثر رواجاً، والتي أوصي باستخدامها لتحديد نمو الظل ($\triangle s$)، بالنسبة إلى حده الأدنى عند الظهيرة، في وقت هو ($T<6$) يقاس بالساعات الزمنية بعد شروق الشمس أو قبل غروبها، هي:

$$T = 6n / (\triangle s + n)$$

---

(١٧) حول صيغ حساب الوقت التي استخدمها الفلكيون المسلمون، انظر مقالات:
M. - L. Davidian; N. Nadir and Bernard R. Goldstein, in: Kennedy [et al.], Ibid.,
والدراسات التي يأتي تعدادها فيما يلي.

حيث يمثل n طول الشاخص. هذه أول صيغة استخدمت لتحديد القيم $\Delta s = n$ للساعة الزمنية الثالثة والتاسعة من النهار (بدء الضحى والعصر)، و$\Delta s = 2n$ لتحديد الساعة العاشرة (المعتمدة أحياناً كنهاية للعصر).

وقد وجدت نماذج أخرى بسيطة لقسمة الوقت، لا تزال تستخدم في مناطق زراعية مختلفة من العالم الإسلامي لتنظيم الري(١٨).

أقدم الجداول لقياس الوقت(١٩)

من المعروف أن الخوارزمي هو الذي وضع الجداول الأولى المعروفة لضبط أوقات صلاة النهار، وذلك في بغداد في بداية القرن التاسع للميلاد. وتبين هذه الجداول، التي تم حسابها لخط عرض بغداد، أطوال ظل شاخص باثنتي عشرة وحدة طول، في لحظة الظهر، وفي بداية العصر ونهايته، مع قيم لفواصل من 6 إلى 6 درجات من خط طول الشمس (مطابقة بشكل تقريبي لفواصل من ستة أيام من العام) (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٤)). وقد وضع الخوارزمي أيضاً بضعة جداول أخرى بسيطة، تبين أوقات النهار، في ساعات زمنية، تبعاً لإرتفاع الشمس المرصود، وقد بنيت هذه الجداول على صيغة تقريبية.

وقد وضع الفلكي علي بن أماجور في القرن التاسع للميلاد، جدولاً أكثر تطوراً

(١٨) حول الحلول (جداول وآلات) التي يمكن استخدامها لكل خطوط العرض، انظر: David A. King: «Universal Solutions in Islamic Astronomy,» in: J. L. Berggren and Bernard Raphael Goldstein, eds., *From Ancient Omens to Statistical Mechanics: Essays on the Exact Sciences Presented to Asger Aaboe* (Copenhagen: [n. pb.], 1987), pp. 121 - 132, and «Universal Solutions to Problems of Spherical Astronomy from Mamluk Egypt and Syria,» in: Farhad Kazemi and R. D. McChesney, eds., *A Way Prepared: Essays on Islamic Culture in Honor of Richard Bayly Winder* (New York: New York University Press, ©1988), pp. 153 - 184.

(١٩) حول أقدم الجداول المعروفة المستخدمة لتحديد أوقات الصلاة ولحساب ساعة النهار انطلاقاً من ارتفاع الشمس، انظر: King, «Al-Khwārizī and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century,» especially pp. 7-11.

حول المراكشي ومؤلفه، انظر: «القسم الثاني: صناعة المزاول: نظرية وتركيب المزاول،» ضمن هذا الفصل، وانظر أيضاً: David A. King, «The Astronomy of the Mamluks,» *Isis*, vol. 74, no. 274 (December 1983), pp. 539 - 540 and 534 - 535, reprinted in: David A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*, Variorum Reprint, CS 231 (London: Variorum Reprints, 1986), III.

حول مؤسسة حُسّاب الوقت المحترفين في المساجد، انظر: David A. King, «On the Role of the Muezzin and the Muwaqqit in Medieval Islamic Society,» paper presented at: A. I. Sabra, ed., *Proceedings of the Conference on Islamic Intellectual History, Harvard University, May 1988.*

الصورة رقم (٤ ـ ١٤)
أقدم جدول إسلامي معروف يستخدم لتحديد
أوقات الصلاة في النهار، ارتبط به اسم الخوارزمي.
(برلين، Ahlwardt ٥٧٩٣، الورقة ٩٤ و، تم نسخه بعد
إذن كريم من مدير Deutsche staatsbibliothek).

لحساب الوقت، مبنياً على صيغة تقريبية بسيطة، يمكن استخدامها لكل خطوط العرض. أما الصيغة الأساس فهي:

$$T = 1/15 \text{ arc sin } (\sin h / \sin H),$$

حيث تمثل h ارتفاع الشمس المرصود، H الارتفاع الزوالي، و $(T \leqslant 6)$ الوقت المنقضي منذ شروق الشمس أو الباقي حتى غروبها، وذلك في ساعات زمنية.

(نرى أن $T = 0$ عندما يكون $h = 0$، و$T = 6$ عندما يكون $h = H$، وذلك كما تقتضيه، على التوالي، حالتا وجود الشمس في الأفق وفي خط الزوال. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الصيغة، في الواقع، هي دقيقة فقط عند وجود الشمس في الاعتدالين). وقد جدول ابن أماجور $T (h, H)$، فقط لكل درجة من البعدين الزاويين $(h < H)$.

ونجد في الموجزات الفلكية، وابتداءً من القرن التاسع للميلاد، وصفاً لطريقة دقيقة تسمح بتحديد الوقت المنقضي منذ شروق الشمس بدرجات استوائية T، أو بقيمة الزاوية الساعية المقابلة t، انطلاقاً من القيمتين h وH، أو انطلاقاً من h وφ وδ، حيث φ هي خط العرض المحلي وδ هي الميل الزاوي (نشير الى أن $H = 90° - \varphi + \delta$). يدخل في هذه العمليات القوس نصف اليومي D، وتتطلب العمليات استخدام الدالة فرق جيب تمام الزاوية عن الواحد $(\text{vers } \theta = 1 - \cos \theta)$ (انظر الفصل الخامس عشر: علم المثلثات). وتكتب الصيغة الشرعية التي سادت في القرون الوسطى، التي استعارها المسلمون من مصادر هندية (بالصيغة الحديثة) على الشكل التالي:

$$\text{vers } t = \text{vers } (D - T) = \text{vers } D - \sin h \text{ vers } D / \sin H;$$

ويمكن الحصول بسهولة على هذه الصيغة بتحويل المسألة الموضوعة بثلاثة أبعاد على الكرة السماوية إلى مسألة ببعدين (انظر الشكلين رقمي (٤ ـ ١٤) و(٤ ـ ١٥)). يمكن الحصول أيضاً على الصيغة الحديثة المعادلة للصيغة التي تعود الى القرون الوسطى للزاوية الساعية t، بعمليات مشابهة، وهي تكتب على الشكل التالي:

$$\cos t = (\sin h - \sin \delta \sin \varphi) / (\cos \delta \cos \varphi),$$

وقد استخدم الفلكيون المسلمون المتأخرون صيغة مكافئة لهذه الصيغة. وقد كان العديد من الجداول الإسلامية شاملاً، بمعنى أنها كانت قابلة للاستخدام لجميع خطوط العرض الأرضية.

نجد، ابتداءً من القرن التاسع، وصفاً يبين كيفية تحديد الساعة في النهار أو في الليل باستخدام آلة حساب كالأسطرلاب، أو جهاز حساب كربعية الجيوب. وفي حالة

Q B Z
X
P
T
S
O
N
K E A

الشكل رقم (٤ ـ ١٤)

تصوير لقبة سماوية حول المراقب الموجود في O. الأفق، مع النقاط الإحداثية، هو NES (W). خط الاستواء السماوي هو EQ (W)، والمحور السماوي OP، وسمت الرأس Z. يبزغ جرم سماوي في A، يبلغ الأوج على خط الزوال في B، ويأفل في C. لنأخذ موقعاً لحظياً X، يقاس ارتفاعه بالقوس XK: تقاس الزاوية الساعية في هذه اللحظة بواسطة قوس الاستواء السماوي TQ (أو بواسطة الزاوية TPQ) ويقاس السمت بواسطة قوس الأفق EK.

الأسطرلاب لا حاجة لمعرفة الصيغة، أما في الحالة الثانية فتستخدم الصيغة لأمثلة معينة في الحساب. وهنا أيضاً، تم ابتكار عدد من الآلات الإسلامية لتكون شاملة ولتستخدم لكل خطوط العرض الأرضية.

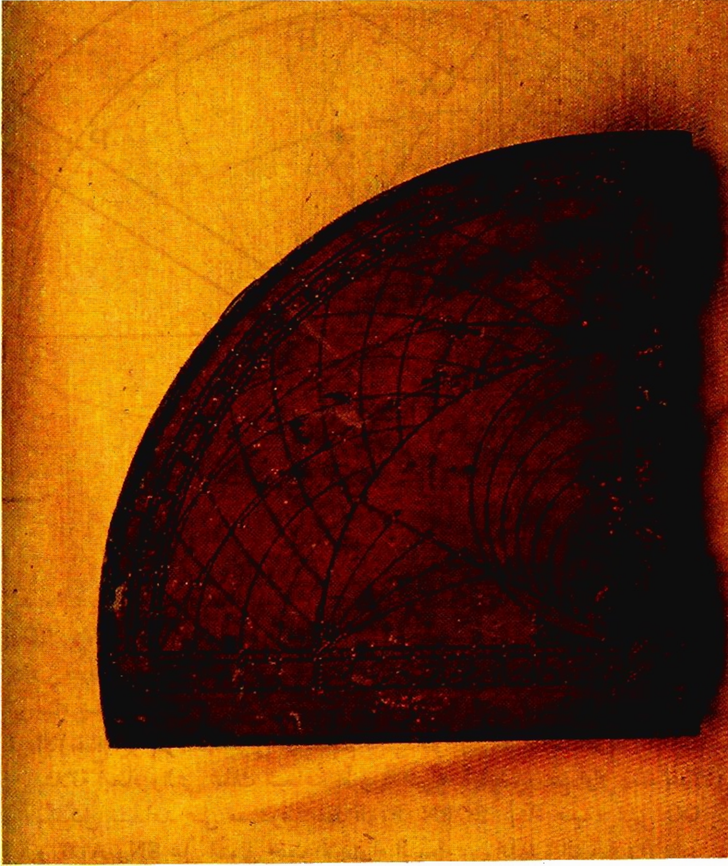
وقد وضع علي بن أماجور أيضاً جدولاً لـ T (h, H) خاصاً ببغداد، مبنياً على صيغة مثلثاتية دقيقة. وقد حفظ العديد من جداول الصلاة المغفلة الخاصة ببغداد في زيج عراقي يعود إلى القرن الثالث عشر للميلاد. وتعطينا هذه الجداول، على سبيل المثال، بالإضافة إلى أوقات الصلاة اليومية، مدة الغسق، وذلك لكل يوم من أيام السنة. ومن المحتمل أن تكون هذه الجداول قد وضعت في العصر العباسي، وقد تعود إلى القرن العاشر للميلاد. وفي الواقع، وجدت تقديرات لقيمة زاوية انخفاض الشمس عند هبوط الليل وقيام النهار، وذلك في زيج الفلكي حبش الحاسب في القرن التاسع للميلاد. كما وجدت جداول منفصلة، تبين ارتفاع الشمس في اللحظات المحددة لصلاتي الظهر والعصر، وتبين فترات السحر والغسق، يمكن رؤيتها في العديد من الأعمال الفلكية الأخرى التي تعود

الشكل رقم (٤ ـ ١٥)

بناء يسمى بـ «analemme» يسمح بتحديد الزاوية الساعية انطلاقاً من الارتفاع المرصود للشمس أو لنجم ثابت ما. إن القبة السماوية المصورة بثلاثة أبعاد والتي تملك شعاعاً مأخوذاً كوحدة قياس يتم أولاً إسقاطها بشكل متعامد على مستوي خط الزوال SQBN. بناءً عليه، تمثل OQ و A′ B′ وSN على التوالي خط الاستواء السماوي والدائرة اليومية والأفق، وتكون النقطة X′ مسقط X. نطبق دائرة الارتفاع (قوس ZXK على الشكل رقم (٤ ـ ١٤)) حول شعاعها ZO على مستوي خط الزوال: X تقع في X_1، بحيث إن $X_1S = h$؛ وينتج عن ذلك $X_1Y_1 = \sin h$. نشير أيضاً الى أن $BY = \sin H$. عندئذ نطبق الدائرة اليومية (قوس AB على الشكل رقم (٤ ـ ١٤)) حول قطرها المار بالنقطة B على مستوي خط الزوال (مما ينتج قوس دائرة شعاعها $\cos \delta$). تنتقل النقطة X (على الشكل رقم (٤ ـ ١٤)) عمودياً على BA′ وتقع في X_2 (على الشكل رقم (٤ ـ ١٥))، وتقيس BX_2 الزاوية الساعية، وتقيس BA القوس نصف اليومي D. نشير الى أن المثلثين BZX′ و BYA′ هما متشابهان. نتيجة لذلك:

$$BX' / BA' = \text{vers } t / \text{vers } D = BZ/BY = (\sin H - \sin h) / \sin H$$

من هنا الصيغة الشرعية التي سادت في القرون الوسطى لـ $t\ (h, H)$.



الصورة رقم (٤ ـ ١٥)
الربع المجيب (القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية).
صنع هذا الربع عرب زاده عارف سنة ١١١٧/٥ ـ ١٧٠٤،
ويبلغ نصف قطره ١٢ سنتيمتراً.

إلى القرون الوسطى الإسلامية القديمة، وعادة في الأعمال التي تحمل اسم الزيج[٢٠].

ظهرت نماذج عديدة من الجداول الموسعة التي تسمح بحساب ساعة النهار بواسطة ارتفاع الشمس، أو ساعة الليل بواسطة ارتفاع بعض النجوم البارزة. وقد تم حساب جميع هذه الجداول لمكان معين، وهي تعطي إما T (h, H) أو T (h, λ)، حيث λ تمثل خط طول الشمس. ومن أجل استخدام أحد هذه الجداول كانت هنالك حاجة لآلة كالأسطرلاب مثلاً، لقياس الارتفاعات السماوية أو لقياس مرور الوقت. لكن، لا شيء يؤكد أن هذه الجداول القديمة كانت تستخدم على نطاق واسع.

كان تطور الجداول المثلثاتية الإضافية إبان القرنين التاسع والعاشر للميلاد مثيراً للاهتمام بشكل خاص، لكونه يعمل على تسهيل حل مسائل الفلك الكروي، ولا يقتصر فقط على تسهيل حل المسائل المتعلقة بحساب الوقت. إن الجداول الإضافية لحبش ولأبي نصر (أقام في آسيا الوسطى، حوالى سنة ١٠٠٠م) هي الأبرز من وجهة نظر رياضية. أما جداول الخليلي الشاملة، الموضوعة لحساب الوقت، فينبغي تفحصها في ضوء هذه التطورات السابقة[٢١].

---

(٢٠) حول مدونات جداول القاهرة، تعز، دمشق والقدس، تونس واسطنبول، انظر على التوالي:
David A. King: «Ibn Yūnus' Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 10 (1973), pp. 342 - 394; «Mathematical Astronomy in Medieval Yemen,» *Arabian Studies*, vol. 5 (1979), p. 63, and «Astronomical Timekeeping in Fourteenth - Century Syria,» paper presented at: *Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science... 1976* (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1978), vol. 2, pp. 75 - 84 and planches; Edward Stewart Kennedy and David A. King, «Indian Astronomy in Fourteenth - Century Fez: The Versified Zīj of al-Qusunṭīnī,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 6, nos. 1 - 2 (1982), pp. 8 - 9, and David A. King, «Astronomical Timekeeping in Ottoman Turkey,» paper presented at: Muammer Dizer, ed., *Proceedings of the International Symposium on the Observatories in Islam, Istanbul, 19 - 23 September 1977* (Istanbul: [n. pb.], 1980), pp. 245 - 269.

وقد أعيد طبع كل هذه المقالات في: King, *Islamic Mathematical Astronomy*.

(٢١) حول جداول حبش وأبي نصر والخليلي الإضافية، انظر على التوالي: Rida A. K. Irani, «The *Jadwal at- Taqwīm* of Ḥabash al-Ḥāsib,» (Unpublished M. A. Dissertation, American University of Beirut, 1956); Claus Jensen, «Abū Naṣr Manṣūr's Approach to Spherical Astronomy as Developed in His Treatise *«The Table of Minutes»*,» *Centaurus*, vol. 16, no. 1 (1971), pp. 1 - 19, and David A. King, «Al-Khalīlī's Auxiliary Tables for Solving Problems of Spherical Astronomy,» *Journal for the History of Astronomy*, vol. 4 (1973), pp. 99 - 100, reprinted in: = King, *Islamic Mathematical Astronomy*.

مؤسسة «الموقت»

كان تنظيم أوقات الصلاة، وفقاً للممارسة المتبعة قبل القرن الثالث عشر على الأقل، يقع على عاتق المؤذن. وتتم عملية تسمية هؤلاء المؤذنين نظراً لجودة أصواتهم المميزة ولسمعتهم الطيبة، وكان لزاماً عليهم أن يلموا بالمبادىء الأولية لعلم الفلك الشائع. فقد كان عليهم معرفة الظلال في لحظات الظهر والعصر من كل شهر، كما عليهم أن يعرفوا أي منزل قمري يظهر عند مطلع الفجر ويختفي عند هبوط الليل، وكانت هذه المعلومات مصاغة بشكل يسمح بحفظها. لذلك لم يكن المؤذنون بحاجة إلى الاستعانة بجداول أو آلات فلكية. إن التقنيات الضرورية معروضة في الفصول المتعلقة بالصلاة في كتب أحكام الشريعة، أما المؤهلات المطلوبة من المؤذن فكانت أحياناً معروضة بشكل مفصل في المؤلفات المرتبطة بالنظام العام (الحسبة أو الاحتساب).

وقد حصل تطور جديد إبان القرن الثامن للميلاد، لكن أصوله ظلت غامضة. ففي هذا القرن نجد في مصر أول إشارة إلى «الموقت»، الفلكي المحترف المرتبط بمؤسسة دينية، الذي تقوم مهمته الأساسية على تنظيم أوقات الصلاة. كما ظهر في العصر نفسه فلكيون موصوفون كميقاتيين، متخصصون في علم الفلك الكروي وفي القياس الفلكي للوقت، لكن دون أن يكونوا مرتبطين بالضرورة بمؤسسة دينية معينة.

قياس الوقت في مصر في عهد المماليك

وضع ميقاتي يسمى بأبي علي المراكشي، كان مقيماً في القاهرة في نهاية القرن الثامن، وانطلاقاً من مصادر سابقة، مؤلفاً موجزاً عن الفلك الكروي وعن الآلات. وقد كُتب لهذا المؤلف أن يحدد مسار علم الميقات لقرون عديدة. وهو يحمل بجدارة العنوان التالي: **جامع المبادىء والغايات في علم الميقات**. وقد تمت دراسته للمرة الأولى على يدي كل من سيديّو (Sédillot) الأب والابن في القرن التاسع عشر.

كما اقتبس شهاب الدين المقسي، وهو معاصر للمراكشي، مجموعة جداول (وذلك بشكل واضح عن مجموعة أكثر قدماً وربما أقل اتساعاً، كان قد ألفها الفلكي ابن يونس في القرن العاشر). وتعطي هذه الجداول الوقت المنقضي منذ شروق الشمس تبعاً لارتفاعها ولخط الطول، وذلك لخط العرض الخاص بالقاهرة. وقد تم توسيع وتطوير هذه

= من أجل تحليل لكل الجداول المتوفرة، انظر: David A. King, *Studies in Astronomical Timekeeping in Islam* (New York: Springer - Verlag, [n. d.]), vol. 1: *A Survey of Tables for Reckoning Time by the Sun and Stars*, and vol. 2: *A Survey of Tables for Regulating the Times of Prayer.*

الجداول في القرن الرابع عشر، في مدونة تغطي نحو مئتي صفحة مخطوطة، تتضمن أكثر من ثلاثين ألف مدخل. وقد استخدمت مدونة جداول القاهرة هذه لقياس الوقت خلال عدة قرون، كما حفظت في نسخات عديدة، ولا توجد بينها اثنتان تحتويان على الجداول نفسها. وتتضمن هذه المدونة جداول موسعة تعطي الوقت المنقضي منذ شروق الشمس، والزاوية الساعية (الوقت الباقي حتى الظهر)، وسمت الشمس لكل درجة خط طول شمسي (وهي جداول تشكل بمداخلها، التي تعد ثلاثين ألفاً تقريباً، الجزء الأعظم من المدونة) (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٦))، وتضم أيضاً جداول أخرى تعطي ارتفاع الشمس

الصورة رقم (٤ ـ ١٦)

مقطع من جداول في مدونة القاهرة تستخدم لحساب الوقت. يعطي الجدول المبين قيم الدالات الثلاث: الزاوية الساعيّة والوقت المنقضي منذ شروق الشمس والسمت، وذلك لكل درجة من خط طول الشمس، عندما تملك الشمس ارتفاعاً قيمته 15° فوق الأفق (القاهرة، دار الكتب، ميقات ٦٩٠، الورقتان ١٥ ظ ـ ١٦ و، تم نسخه بعد إذن كريم من مدير المكتبة الوطنية المصرية).

والزاوية الساعية في لحظة العصر، وارتفاع الشمس والزاوية الساعية عندما تكون الشمس في اتجاه القبلة، وفترتي السحر والغسق.

كما توجد في بعض النسخات المتأخرة من مدونة القاهرة جداول تحدد خلال شهر رمضان اللحظة التي يجب أن تكون فيها القناديل الموضوعة على المئذنة مطفأة، واللحظة التي ينبغي على المؤذن أن ينطق فيها بالصلاة على النبي محمد (ﷺ). وفي بعض النسخات القديمة أو المتأخرة هنالك جدول يتعلق باتجاه منافذ الهواء الكبيرة، التي كانت ميزة لافتة للنظر في سماء القاهرة خلال مرحلة القرون الوسطى. فقد كانت هذه المنافذ متراصفة على تصميم طرق مدينة العائدة للقرون الوسطى المتعامد تقريباً؛ والتصميم نفسه موجه فلكياً نحو شروق الشمس في الانقلاب الشتوي (انظر القسم الأول: القبلة).

ووضع المقسي كذلك مؤلفاً واسعاً حول نظرية المزولة، يتضمن جداول إحداثيات تسمح برسم المنحنيات على المزاول الأفقية وذلك لخطوط عرض مختلفة، كما تسمح برسم المنحنيات على المزاول العمودية مهما كان انحراف هذه المنحنيات على خط الزوال المحلي وذلك لخط عرض القاهرة (انظر القسم الثاني: صناعة المزاول). وكانت هذه المنحنيات مفيدة بوجه خاص في صناعة المزاول على أسوار مساجد القاهرة، كما كانت المنحنيات الخاصة بالظهر والعصر تسمح للمؤمن أن يحدد الوقت الباقي لدعوة المؤذن إلى الصلاة.

كما وضع الفلكي القاهري نجم الدين، معاصر المراكشي والمقسي، جدولاً لقياس الوقت، كان من المفترض أن يصلح لجميع خطوط العرض وأن يستخدم نهاراً بواسطة الشمس وليلاً بواسطة النجوم. إن الدالة المجدولة هي $T\ (h, H, D)$، حيث تمثل D نصف قوس رؤية الجرم السماوي فوق الأفق. وفي هذا الجدول يرتفع عدد المداخل إلى أكثر من ربع مليون. ولكنه لم يستخدم بشكل واسع وإنما عرف بنسخة وحيدة، قد تكون تلك التي كتبت بيد واضعه.

وقد مارست كتابات المراكشي وأعمال الموقتين القدامى تأثيراً في منطقة أخرى من العالم الإسلامي هي اليمن، إذ مورس علم الفلك الرياضي وتم تشجيعه خلال فترة حكم بني الرسول. ونذكر بشكل خاص السلطان الأشرف (حكم بين العامين ١٢٩٥ و١٢٩٦م) الذي وضع مؤلفاً حول التجهيزات مستوحى من مؤلف المراكشي. كما جمع الفلكي اليمني أبو العقول، الذي عمل عند السلطان المؤيد في تعز، مدونة جداول لقياس الوقت في النهار والليل، وكانت أوسع مدونة من هذا الطراز وضعها فلكي مسلم وتعد أكثر من مئة ألف مدخل.

وكان في القاهرة إبان القرن الرابع عشر العديد من الموقتين الذين أنتجوا أعمالاً علمية قيمة، إلا أن مركز النشاط الأساسي بصدد «علم الميقات»، وخلال ذلك القرن، كان موطنه سوريا.

قياس الوقت في سوريا خلال القرن الرابع عشر

اخترع الفلكي الحلبي ابن السراج، الذي نعلم أنه قصد مصر، سلسلة أسطرلابات شاملة وربعيات خاصة وجداول في حساب المثلثات، كانت تهدف جميعها إلى قياس الوقت. تمثل أعماله هذه ذروة الإنجازات الإسلامية في مجال الآلات الفلكية. كما درس فلكيان كبيران سوريان آخران، هما المزي وابن الشاطر، علم الفلك في مصر. ورجع المزي إلى سوريا حيث وضع مجموعة جداول للزوايا الساعية، وجداول أخرى للصلاة خاصة بدمشق، وذلك على غرار مدونة القاهرة. ووضع ابن الشاطر بضعة جداول للصلاة تتعلق بمكان لم تتم الإشارة إليه، ومن المحتمل أن يكون هذا المكان طرابلس، المدينة المملوكية الجديدة. وقد وضع المزي كذلك مؤلفات مختلفة حول الآلات. ومن جهته، وجه ابن الشاطر اهتمامه نحو علم الفلك النظري والنماذج السيارة. لكنه مع ذلك، ابتكر أجمل مزولة عرفت في العصر الإسلامي الوسيط (انظر القسم الثاني: صناعة المزاول).

وقد حصل التقدم الأهم في «علم الميقات» على يد الفلكي شمس الدين الخليلي، زميل المزي وابن الشاطر. فقد أعاد الخليلي حساب جداول المزي مع الوسيطين الجديدين (خط عرض المكان وميل فلك البروج) اللذين وجدهما ابن الشاطر (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٧)). وقد استمر استخدام مدونته المتضمنة للجداول والمعدة لقياس الوقت بالاستعانة بالشمس ولتنظيم أوقات الصلاة، في دمشق حتى القرن التاسع عشر. فقد جدول لكل درجة من درجات خط طول الشمس λ، الدالات التالية: الارتفاع الزوالي للشمس؛ القوس نصف اليومي؛ عدد ساعات النهار؛ ارتفاع الشمس عند ابتداء العصر؛ الزاوية الساعية عند ابتداء العصر؛ الفاصل الزمني بين ابتداء العصر وغروب الشمس؛ الفاصل الزمني بين الظهيرة ونهاية العصر؛ فترة الليل؛ فترة الغسق؛ فترة الليل البهيم (من هبوط الليل حتى مطلع الفجر)؛ فترة السحر؛ الوقت المتبقي حتى حلول الظهيرة، انطلاقاً من اللحظة التي تكون فيها الشمس في اتجاه مكة.

إن المداخل لكل هذه الدالات، باستثناء الثالثة، معطاة بالدرجات والدقائق من خط الاستواء (حيث تطابق الدرجة الواحدة 4 دقائق من الزمن). وتتضمن هذه الجداول ٢١٦٠ مدخلاً. كما جدول الخليلي أيضاً الزاوية الساعية t تبعاً لارتفاع الشمس h ولخط طول الشمس λ، وذلك لخط عرض دمشق. وتتضمن جداول الدالة $t(h, \lambda)$ عشرة آلاف مدخل تقريباً.

أعمال المواقيت النهارية والليلية لعرض دمشق

الصورة رقم (٤ ـ ١٧)

مقطع من جداول الصلاة لدمشق، وضعها الخليلي. يتعلق الجدول المبين بخطوط طول الشمس في برج الدلو وبرج العقرب، والدالات الاثنتي عشرة هي مجدولة لكل درجة من خط الطول على صفحة مزدوجة. (باريس، المكتبة الوطنية، المقالة ٢٥٥٨، الورقتان ١٠ ظ ـ ١١ و، تم نسخه بعد إذن كريم من مدير المكتبة الوطنية).

ووضع الخليلي، بالإضافة إلى ذلك، بضعة جداول لدالات مثلثاتية إضافية تناسب كل خطوط العرض. وتعتبر هذه الجداول عملية أكثر من سابقاتها من الصنف نفسه، والتي وضعها حبش. والدالات المجدولة هي:

$$f(\varphi, \theta) = R \sin \theta / \cos \varphi$$

$$g(\varphi, \theta) = \sin \theta \operatorname{tg} \varphi / R$$

$$k(x, y) = \arc\cos(Rx/y)$$

حيث أساس الدالات المثلثاتية هو $R = 60$. ويتجاوز العدد الكامل للمداخل في هذه الجداول الإضافية ١٣٠٠٠ مدخل. والقيم فيها معطاة حتى رقمين في النظام الستيني وكانت دائماً صائبة. وبواسطة هذه الجداول يمكن تحديد الزاوية الساعية بأقل قدر ممكن من العمليات الحسابية. وقد قدم الخليلي الصيغة التالية:

$$t(h, \delta, \varphi) = k\{[f(\varphi, h) - g(\varphi, \delta)], \delta\}$$

المعادلة للصيغة الحديثة. بالإضافة إلى ذلك، فإن السمت a الموافق (المقاس انطلاقاً من خط الزوال) معطى على الشكل التالي:

$$a(h, \delta, \varphi) = k\{[g(\varphi, h) - f(\varphi, \delta)], h\}.$$

تستطيع هذه الجداول أن تحل عددياً أية مسألة يمكن حلها، بمصطلحات حديثة، بواسطة صيغة جيب التمام من حساب المثلثات الكروي.

وقد وضع الخليلي أيضاً جدولاً يحدد القبلة، أو الاتجاه المحلي لمكة، تبعاً لخط العرض ولخط الطول الأرضيين (انظر القسم الأول: القبلة). ويبدو أنه استخدم جداوله الإضافية الشاملة من أجل وضع جدول القبلة هذا.

وقد عرف بعض نشاطات المدرسة الدمشقية في تونس إبان القرنين الرابع عشر والخامس عشر للميلاد، إذ تم جمع جداول إضافية وجداول للصلاة واسعة للغاية وذلك لخط عرض تونس على يد فلكيين، بقيت أسماؤهم مجهولة بالنسبة إلينا. كما وضعت كذلك جداول للصلاة لمختلف خطوط العرض من المغرب.

قياس الوقت في تركيا العثمانية

كان تأثير مدرستي القاهرة ودمشق على التطورات الخاصة بـ «علم الميقات» في تركيا العثمانية أكثر دلالة. فقد سبق أن وضع الفلكيون الدمشقيون مجموعة جداول صلاة لخط عرض اسطنبول. إلا أن الفلكيين العثمانيين وضعوا العديد من مجموعات الجداول الجديدة الخاصة بهذه المدينة وبأماكن أخرى من تركيا، على غرار مدونات القاهرة ودمشق، إذ توجد جداول صلاة لهذه المدينة في الزيج الرائج للغاية للشيخ ڤيفا (Vefâ)، وهو صوفي من القرن الخامس عشر، وكذلك في الزيج الأقل رواجاً للعالم دارندلي من القرن السادس عشر (انظر الصورة رقم (٤ ـ ١٨)). ويعطي هذا الزيج الأخير أطوال النهار والليل، كذلك

الصورة رقم (٤ ـ ١٨)

مقطع من جداول الصلاة لاسطنبول، وضعها دارندلي. يتعلق الجدول المبين ببرجي الحمل والعذراء. يجب الإشارة إلى أن المداخل مكتوبة بأرقام هندية، وليس بالتدوين الأبجدي العددي (أبجد)، الذي كان أكثر استخداماً من الجداول الفلكية، حتى خلال حكم العثمانيين (القاهرة، طلعت، ميقات تركي ٢٩، الورقة ٤٤ظ، تم نسخه بعد إذن كريم من مدير المكتبة الوطنية المصرية).

ساعات الظهيرة (المعبر عنها وفقاً للاصطلاح التركي)[٢٢]، والعصر الأول والثاني، وهبوط الليل وطلوع النهار، واللحظة التي تكون فيها الشمس في اتجاه القبلة، ولحظة صلاة في الصباح مسماة صلاة الزهوة (مرتبطة بالضحى). وقد بقيت هاتان المجموعتان من الجداول قيد الاستخدام حتى القرن التاسع عشر.

وقد وضعت مجموعات واسعة من الجداول لحساب الوقت بواسطة الشمس و/أو النجوم لاسطنبول وأدرنة، إذ وضع تقي الدين بن معروف، مدير المرصد الفلكي في اسطنبول في نهاية القرن السادس عشر، مجموعة جداول خاصة بالشمس. كما وضع صالح أفندي المتخصص في فن العمارة، في القرن الثامن عشر، مدونة ضخمة في الجداول لحساب الوقت. وقد كانت أيضاً شائعة جداً عند موقّتي اسطنبول.

هناك سمة تميز بعض هذه الجداول العثمانية عن الجداول السابقة، المصرية والسورية منها، وهي أن قيم ساعات النهار مبنية على اصطلاح يعتبر أن غروب الشمس يشير إلى الساعة الثانية عشرة. وهذا الاصطلاح المستوحى من واقع اليوم الإسلامي الذي يبدأ عند غروب الشمس (لأن التقويم قمري والأشهر تبدأ مع رؤية الهلال بعد فترة بسيطة من غروب الشمس) تعتريه بعض الشوائب، إذ يجب تصويب الساعات التي تشير إلى الوقت «التركي» بمقدار بضع دقائق كلما انقضت بضعة أيام. وقد تم وضع جداول صلاة، مبنية على هذا الاصطلاح، في كل أرجاء الامبراطورية العثمانية وخارجها. وهناك أمثلة تؤكد هذا الأمر، موجودة في مصادر مخطوطة متعلقة بأماكن بعيدة كالجزائر ويرقند وكريت وصنعاء. وقد وضع الموقتون، في العصور المملوكية والعثمانية المتأخرة، مؤلفات عديدة تتعلق بصيغ حساب الوقت، وبعمليات حساب ساعات النهار أو الليل، أو أوقات الصلاة بواسطة ربعية مقنطرات (مشتقة من الأسطرلاب) أو بواسطة ربعية الجيوب.

الجداول الحديثة لأوقات الصلاة

كانت، أو لا تزال، أوقات الصلاة إبان القرنين التاسع عشر والعشرين تجدول في أزياج سنوية وتقاويم حائطية ومفكرات جيب، كذلك يتم تسجيل هذه الأوقات كل يوم في الصحف. وخلال شهر رمضان يتم توزيع جداول خاصة لكل أيام الشهر المذكور،

---

(٢٢) حول الاصطلاح التركي، الذي بموجبه تكون الساعة الثانية عشرة عند غروب الشمس، انظر:
J. Würschmidt, «Die Zeitrechnung im Osmanischen Reich,» *Deutsche Optische Wochenschrift* (1917), pp. 88 - 100.

حول muvakkithane، أي المباني المتاخمة للمساجد العثمانية الكبرى، التي كان يستخدمها الموقتون، انظر: A. S. Ünver, «Osmanli Türkerinde İlim Tarihinde Muvakkithaneler,» *Atatürk Konferenslarī*, vol. 5 (1975), pp. 217 - 257.

تسمى إمساكية، وهي تبين، بالإضافة إلى أوقات الصلاة، الفترة المسماة بالسحور للوجبة الصباحية، واللحظة الواقعة قبل الفجر بقليل والمسماة بالإمساك حيث يبدأ الصوم. إن المؤسسات التي تضع الجداول الحديثة هي مصلحة المساحة المحلية أو المرصد أو بعض الهيئات التي تلقى موافقة السلطات الدينية. وتقدم الجداول عادة أوقات الصلوات الخمس وشروق الشمس. وقد ظهرت مؤخراً ساعات حائط وساعات يدوية معدة للبيع، مبرمجة إلكترونياً لكي تدق في أوقات الصلاة المحددة لأماكن مختلفة، ولكي تسمع تسجيلاً صوتياً للدعوة إلى الصلاة.

ـ ٥ ـ

تأثير علم الفلك العربي في الغرب في القرون الوسطى

هنري هوغونار ـ روش(*)

يعدد كبلر (Képler) في بداية مؤلفه *Epitome astronomiae Copernicanae* أجزاء علم الفلك المختلفة، الضرورية، حسب رأيه، لتكوين علم الظواهر السماوية، على الشكل التالي[١]: تتضمن مهمة العالم الفلكي خمسة أجزاء رئيسة، هي: الدراسة التاريخية للأرصاد، تحليل آفاق الفرضيات، فيزياء أسباب الفرضيات، علم حساب الجداول، وعلم ميكانيك الآلات. ويضيف كبلر أن الأجزاء الثلاثة الأولى هي أكثر ارتباطاً بالنظرية، أما الجزءان الأخيران فارتباطهما أوثق بالتطبيق.

وفي كل جزء من الأجزاء التي ميزها كبلر، كان إسهام علم الفلك العربي أساسياً في ولادة علم الفلك اللاتيني في القرون الوسطى، ومن ثم في تطوره. فقبل هذا الإسهام لم يكن هناك في الواقع علم فلك يتمتع بمستوى عالٍ في اللغة اللاتينية[٢]. وما كان يقصد بعلم الفلك لم يكن إلا مجموعة أفكار في وصف الكون، تفتقر إلى الدقة، وتدور حول

(*) مدير أبحاث في المعهد التطبيقي للدراسات العليا ـ باريس.

قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

(١) انظر: Képler, *Gesammelte Werke*, Bd. VII, edited by M. Caspar (Munich: [n. pb.], 1953), p. 23.

(٢) حول علم الفلك في القرون الوسطى قبل وصول العلم العربي إلى الغرب، نجد عرضاً تركيبياً في: Olaf Pedersen, «The Corpus Astronomicum and the Traditions of Mediaeval Latin Astronomy,» paper presented at: *Colloquia Copernicana*, Studia Copernicana; 13 (Wroclaw: Ossolineum, 1975), pp. 57 - 96.

شكل وأبعاد العالم، إضافة إلى بعض المفاهيم المختصرة للغاية حول الحركات السماوية، وبشكل أساسي حول الظواهر الاقترانية كالبزوغ الشروقي[٣] والأفول الغروبي[٤]. وقد أدت احتياجات الكنيسة المتعلقة بسير التقويم إلى ظهور تقليد كامل من حسابات التسلسل الزمني للأحداث، وذلك على إثر المؤلف *De temporum ratione*، الذي وضعه بيد (Bède) (المتوفى عام ٧٣٥م). إلا أن هذه المصنفات في حساب الأعياد، والتي ارتبطت بها أسماء رابان مور (Raban Maur) أو ديكويل (Dicuil) أو غارلاند (Garlande)، لم تكن مبنية في أي شكل على معالجة رياضية للظواهر. ويكفي إعطاء مثال واحد للتدليل على هذا الأمر: فقد صور بيد (Bède) حركات الكواكب بواسطة دوائر مختلفة المركز بسيطة، لذلك بقيت الخاصة الكوكبية الثانية من دون شرح. وباختصار، فقد افتقر علم السماء العائد إلى بداية القرون الوسطى، وفي آن واحد، إلى الأرصاد والتحليل الهندسي للمظاهر وإلى التأمل حول أسس الفرضيات، أي إلى الأجزاء الثلاثة التي ترتبط، وفقاً لكبلر بالنظرية الفلكية. ولم يكن علم الفلك التطبيقي بحال أفضل، فالجداول غائبة والآلات (المزاول والساعات الشمسية) مختصرة للغاية.

لا يمكن، بالطبع، أن نأتي في مقالنا هذا على سرد تفصيلي، أو حتى على مجرد تعداد لجميع التحولات الحاصلة في الغرب اللاتيني بفعل الترجمات المتلاحقة لأعمال عربية، كما أننا لن نأتي على ذكر جميع هذه الترجمات أو كتاب القرون الوسطى الذين استطاعوا أن يستلهموها[٥]. وسنترك جانباً مواضيع أخرى، منها التأثير العربي على تطور حساب المثلثات في الغرب، وعلى الآلات، وعلى الفهارس اللاتينية للنجوم[٦]، كما أننا لن نتناول بالبحث التأثير الكبير الذي مارسته مؤلفات مثل *Introductorium maius* أو *De magnis*

(٣) أي بزوغ نجم متزامن مع شروق الشمس.

(٤) أي أفول نجم متزامن مع غروب الشمس.

(٥) إن العرض الأكثر حداثة حول انتقال العلم العربي إلى العالم اللاتيني، مع فهرسة غزيرة، هـو عـرض: Juan Vernet, *Ce que la culture doit aux arabes d'Espagne*, traduit de l'espagnol par Gabriel Martinez Gros, la bibliothèque arabe, collection l'histoire décolonisée (Paris: Sindbad, 1985), traduction allemande: *Die Spanisch - arabische Kultur in Orient und Okzident* (Zürich/Munich: [n. pb.], 1984).

وبالرغم من قدمه يبقى مرجع هاسكنز مفيداً: Charles Homer Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*, 2nd ed. (Cambridge: Harvard University Press, 1927), reprinted (New York: Ungar Pub. Co., 1960).

انظر أيضاً: Francis James Carmody, *arabic Astronomical and Astrological Sciences in Latin Translation: A Critical Bibliography* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1956).

(٦) حول هذه النقطة الأخيرة، انظر: Paul Kunitzsch: *Arabische Sternnamen in Europa* (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1959), and *Typen von Sternverzeichnissen in Astronomischen Handschriften des Zehnten bis Vierzehnten Jahrhunderts* (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1966).

coniunctionibus العائدة لأبي معشر (نهاية القرن التاسع للميلاد) على التنجيم اللاتيني[٧]. وسنركز كلامنا، بالمقابل، على مسائل النظرية الفلكية بالذات، بهدف إيضاح بعض الجوانب الأساسية للتأثير العربي على التكوين التدريجي لهذه النظرية في الغرب في القرون الوسطى.

الأسطرلاب وعلم فلك الحركة الأولى[٨]

ترتبط الدلائل الأولى على دخول علم الفلك العربي إلى الغرب اللاتيني بالأسطرلاب المبني على أساس الإسقاط التصويري المجسم. وقد سبق أن حدد بطلميوس خصائص وميزات هذا الإسقاط في مؤلفه **تسطيح الكرة** *(Planisphère)*، لكن العالم اللاتيني لم يعرف هذا النص إلا في القرن الثاني عشر، وذلك من خلال ترجمة هرمان الدلماتي (Hermann le Dalmathe) في العام ١١٤٣م لنص عربي دققه مسلمة المجريطي حوالى العام ١٠٠٠م. وبالمقابل، تعرفت الأوساط العلمية في شمال شبه الجزيرة الإيبيرية إلى الأسطرلاب وإلى المؤلفات المتعلقة به منذ نهاية القرن العاشر، من خلال احتكاكها مع الإسلام. فقد ظهرت في ذلك العصر أولى المصنفات التقنية باللاتينية، وهي تتضمن أسماء جربير (Gerbert) (الذي أصبح فيما بعد بابا روما سلفستروس الثاني) وللوبت البرشلوني (Llobet de Barcelone) وهرمان لو بواتو (Hermann le Boiteux). والمصنفات هذه هي عبارة عن مؤلفات عن استخدام هذه الآلة، ومؤلفات عن صناعتها، ومؤلفات عن صناعتها واستخدامها. وقد تشكلت هذه المؤلفات من مقاطع أو من تدقيقات لأعمال عربية سابقة لم تحدد هويتها حتى الآن بشكل جيد[٩]. ثم ظهرت سلسلة جديدة من الترجمات في القرن

---

(٧) انظر: Richard Joseph Lemay, *Abu Ma'shar and Latin Aristotelianism in the Twelfth Century: The Recovery of Aristotle's Natural Philosophy through Arabic Astrology,* American University of Beirut, Publication of the Faculty of Arts and Sciences, Oriental Series; no. 38 (Beirut: American University of Beirut, 1962).

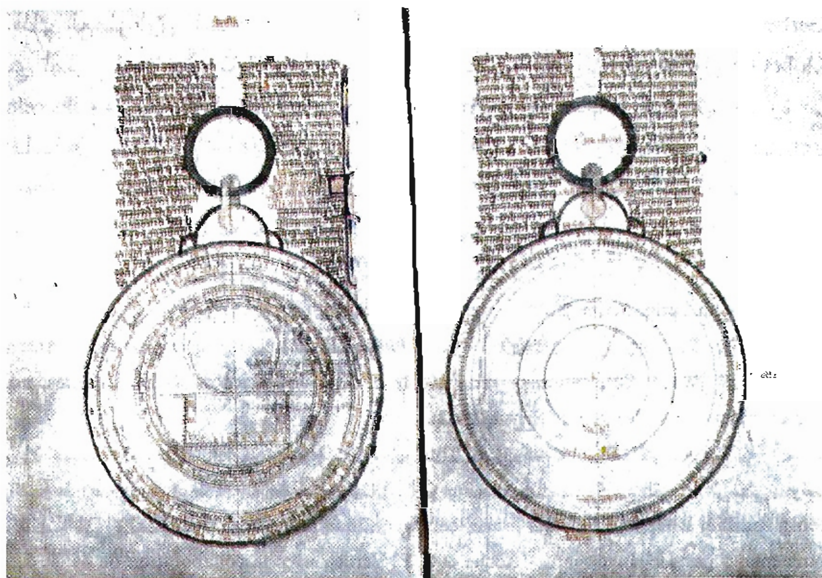
إن عقيدة *De magnis coniunctionibus* (ترجمة يوحنا الإشبيلي كتاب القرانة) التي تعرض آثار تجمعات الكواكب على صعود وسقوط الأسر الحاكمة والممالك الأرضية، مارست تأثيراً في القرون الوسطى، ونجد أثراً لها في: Georg Joachim Rhäticus, *Narratio prima,* édition critique, traduction française, commentaire par H. Hugonnard - Roche et J. P. Verdet, avec la collaboration de M. P. Lerner et A. Segonds, Studia Copernicana; 20 (Wroclaw: Ossolineum, 1982), pp. 47 - 48 et 98 - 99.

(٨) أو حركة الكل.

(٩) توجد دراسة كلاسيكية عن هذا الموضوع، في: José María Millás Vallicrosa, *Assaig d'història. de les idees físiquesi matemàtiques a la Catalunya medieval,* [Barcelona], Estudis universitaris catalans, série monogràfica; I (Barcelona: Institució Patxot, 1931-).

انظر أيضاً العرض التركيبي في: José María Millás Vallicrosa, *Nuevos estudios sobre historia de la ciencia española* (Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1960), pp. 79 - 115.

الثاني عشر، نذكر منها ترجمة أفلاطون التيڤولي (Platon de Tivoli) (حوالى ١١٣٤ ـ ١١٤٥) لمؤلف ابن الصفار (المتوفى العام ٤٢٦هـ/ ١٠٣٥م)، كما ظهرت أعمال لاتينية أصيلة مختلفة، نذكر منها تلك الأعمال العائدة لأدلار دو باث (Adélard de Bath) (حوالى ١١٤٢ ـ ١١٤٦م) أو روبير دو شستر (Robert de Chester) (١١٤٧م) أو ريمون المارسيلي (Raymond de Marseille) (قبل سنة ١١٤١م). وقد سمحت هذه الترجمات والأعمال الأصيلة للغرب اللاتيني بالإلمام النهائي بهذه الآلة. بالإضافة إلى ذلك، فقد عزز إدراج الأسطرلاب في برامج التدريس الجامعي الدور التعليمي لهذه الآلة حتى نهاية القرون الوسطى، كما ضمن انتشار ونجاح الترجمة اللاتينية التي وضعها يوحنا الإشبيلي (Jean de Séville) (حوالى ١١٣٥ ـ ١١٥٣م) لمؤلف منسوب إلى ما شاء الله (نهاية القرن الثامن للميلاد).



الصورة رقم (٥ ـ ١)

ما شاء الله، ترجمة ما شاء الله، ترجمة يوحنا الإشبيلي

(أوكسفورد، مخطوطة مكتبة بودلين، Ashmole ١٥٢٢).

كان لهذه الترجمة اللاتينية لكتاب ما شاء الله تحت اسم De Compositione جل الأثر في تطور الآلات العلمية في الغرب اللاتيني، وكما قلنا فقد فُقد أصله في العربية.



الصورة رقم (٥ ـ ٢)

أسطرلاب أندلسي (أوكسفورد، مخطوطة متحف تاريخ العلوم، ١٤).
صنع هذا الاسطرلاب سنة ٤٧٤/١٠٨١ بالأندلس، وضعه محمد بن سعيد الصبّان ويشير العنكبوت الى موقع ٢٥ نجماً، وبه ١٢ صفيحة حفرت لخطوط الطول التي تقع عليها المدن العربية. وحفر على «الأم» نفسها جدول تنجيمي دائري. ونقرأ على ظهر هذا الاسطرلاب منازل القمر وتقويماً أبدياً وسلماً من درجات لقياس الارتفاعات.



الصورة رقم (٥ ـ ٣)

أسطرلاب كروي (أوكسفورد، مخطوطة متحف تاريخ العلوم، ٢٥ ـ ٦٢).
صنع هذا الأسطرلاب الكروي أحد الصناع المسمى «موسى» سنة ٨٨٥/ ١٤٨٠، وهو الأسطرلاب الكروي الوحيد الذي وجد كاملاً حسبما هو معروف الآن. ولقد وصف العلماء العرب عدة آلات مشابهة ابتداءً من القرن الثالث الهجري/ التاسع الميلادي. واستعمال هذا الأسطرلاب شبيه باستعمال الأسطرلاب الكروي المسطح. وهذه الآلة هي من نحاس مطعم بالفضة، والعنكبوت الذي يتحرك على الدائرة يشير إلى مكان النجوم الثابتة، ويبلغ قطره ٨٣ مليمتراً.

كان الأسطرلاب آلة تعليمية بامتياز في القرون الوسطى، لكنه كان أيضاً آلة حسابية، إذ إنه يسمح بحل هندسي سريع للمسائل الرئيسة في علم الفلك الكروي. وهو يقدم عرضاً سهلاً لحركتي الشمس اليومية والسنوية ولتزاوج فعلي هاتين الحركتين، الذي ترتبط به المطالع المستقيمة والمائلة، وفترة الساعات غير المتساوية، والبزوغ الشروقي للنجوم، أو تحديد المنازل السماوية في التنجيم. وإذا استرجعنا التقسيم التقليدي لعلم الفلك في القرون الوسطى إلى مجالين مختلفين، هما علم فلك الحركة اليومية للقبة السماوية أو علم فلك الحركة الأولى من جهة، وعلم فلك الكواكب من جهة أخرى، فإن المؤلفات عن الأسطرلاب لا ترتبط بالطبع إلا بالمجال الأول. لذلك، فهي تتضمن القليل من المعطيات التقنية، حيث نجد، بالإضافة إلى مواقع بعض النجوم ميل فلك البروج، وتحديد موضع أوج الشمس في منطقة البروج، وموقع بداية برج الحمل (الاعتدال الربيعي) في التقويم، والموقع هذا مرتبط بحركة المبادرة. وفي أقدم مؤلف لاتيني عن الأسطرلاب، لا يمثل اقتباساً بحتاً عن العربية،

ونعني به مؤلف ريمون المارسيلي[١٠]، نجد جدولي نجوم، أحدهما مأخوذ من مؤلفات قديمة تعود إلى للوبت البرشلوني وهرمان لو بواتو، والآخر مستعار من الزرقالي (المتوفى في العام ١١٠٠م). وقد أظهر ريمون حماسة كبيرة نحو هذا المؤلف الأخير، ومنه استعار أيضاً موقع أوج الشمس على 50° ; 17 من برج الجوزاء، وقيمة ميل فلك البروج المقدرة بـ 23 ; 30° ,33، التي فضلها على القيمة التي أعطاها بطلميوس وهي 50° ; 23. يسمح لنا هذا المثال بملاحظة سمتين بارزتين من سمات التأثير العربي على علم الفلك اللاتيني، تتمثلان بالدور الأساسي الذي تلعبه أعمال الزرقالي، وبوضع القيم والوسائط البطلمية في نظرية الشمس موضع النقاش والنقد.

جداول طليطلة وعلم فلك الكواكب

في العصر الذي اكتسب فيه المؤلف عن الأسطرلاب شكله النهائي، أي في منتصف القرن الثاني عشر للميلاد، لم تعد دراسة هذه الآلة تشكل المدخل الوحيد للاتينيين إلى علم الفلك التقني، بل إن الأمر أضحى أبعد من ذلك بكثير. فقد تمت، إبان ذلك القرن، ترجمة مجموعة ضخمة من النصوص العربية التي قدمت للفلكيين اللاتينيين حقل دراسات أكثر اتساعاً إلى حد كبير، ونعني بذلك الجداول الفلكية. وتحت هذه التسمية تندرج أنواع كثيرة من المواد التي يمكن تقسيمها تخطيطياً إلى ثلاث مجموعات: تضم المجموعة الأولى العناصر التي تتعلق، مباشرة إلى حد ما، بعلم فلك الحركة الأولى (جداول المطالع المستقيمة والمائلة، وجداول الميل، وجداول معادلة الزمن)؛ وتضم المجموعة الثانية جداول الكواكب وهي مؤلفة من أربعة أجزاء: جداول التسلسل الزمني للأحداث، وجداول الإحداثيات المتوسطة، وجداول المعادلات، وجداول خطوط العرض؛ وأخيراً، تضم المجموعة الثالثة جداول متباينة لها علاقة باقتران الشمس والقمر وبالخسوف والكسوف، وترتبط كذلك باختلافات المنظر وبرؤية القمر وسائر الكواكب الأخرى. . .

وقد أفادت ثلاثة مصادر رئيسة، من مجموع هذه المواضيع، في تلقين المعرفة للفلكيين اللاتينيين. وهذه المصادر هي: **أولاً** قوانين وجداول الخوارزمي (حوالى ٨٢٠م)، وقد ترجم أدلار دو باث (حوالى ١١٢٦م) نصها الذي دققه مسلمة المجريطي. ثم **ثانياً** جداول البتاني (المتوفى في العام ٣١٧ هـ/ ٩٢٩م)، وقد فقدت ترجمتها الأولى التي وضعها روبير دو

---

(١٠) نشر هذا المؤلف: Emmanuel Poulle, «Le Traité d'astrolabe de Raymond de Marseille,» *Studi medievali*, vol. 5 (1964), pp. 866 - 904,

(مع لائحة بالنشرات الموجودة لأعمال لاتينية عن الأسطرلاب، ص ٨٧٠ ـ ٨٧٢). انظر أيضاً: Emmanuel Poulle, «Raymond of Marseilles,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990), vol. 11, pp. 321 - 323.

شستر، ولم يبق سوى القوانين من الترجمة الثانية العائدة إلى أفلاطون التيڤولي (Platon de Tivoli)[(١١)]. وأخيراً هناك جداول الزرقالي التي تؤلف نواة المجموعة المعروفة باسم جداول طليطلة، ويشكل هذا الاسم إشارة إلى خط الزوال المعتمد في هذه الجداول. وقد لقيت الجداول الأخيرة هذه انتشاراً عاماً عبر الغرب اللاتيني كله من خلال الترجمة التي وضعها جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone) (المتوفى في العام ١١٨٧م)[(١٢)].

كان ريمون المارسيلي أحد أوائل اللاتينيين الذين استخدموا جداول عربية المصدر. وقد وضع في العام ١١٤١م مؤلفاً عن حركات الكواكب، يتضمن جداول تسبقها قوانين ومقدمة، حيث يعلن أنه يستند إلى الزرقالي. فجداوله، في الواقع، هي تعديل لجداول الخوارزمي بما يجعلها تناسب التقويم المسيحي وتتوافق مع خط طول مرسيليا. واستخدم ريمون، كما في مؤلفه عن الأسطرلاب، القيمة 30° ,33 ; 23، لميل فلك البروج، التي استعارها من الزرقالي. وبالإضافة إلى ذلك، كان على علم بوجود الحركة الذاتية لأوج الشمس التي أوضحها الزرقالي، وقد أعاد كتابة جداول الفلكي العربي من أجل مواقع أوج الشمس وكواكب أخرى. وقد ظهر مؤلف ريمون قبل ثلاثين سنة تقريباً من صدور ترجمتي جيرار دو كريمون لكتاب بطلميوس **المجسطي**[(١٣)] ولـ **جداول طليطلة**. وشكل هذا المؤلف أول دخول إلى الغرب اللاتيني للطريقة البطلمية في حساب مواقع الكواكب (الشكل رقم (٥ ـ ١))، وذلك بشكل غير مباشر عن طريق استعارة من الزرقالي. وتتلخص الطريقة في القيام بمجموع جبري للحركة المتوسطة، ولمعادلة المركز، ولمعادلة الحصة، مع تصحيح المعادلة الأخيرة بواسطة أجزاء تناسبية. ومن جهة أخرى، يستخلص ريمون من دراسته لجداول الزرقالي الفكرة المعبر عنها بوضوح، والتي تقول إن الجداول الفلكية تتطلب تصحيحات مستمرة. وقد وجد الفلكيون أنفسهم في مواجهة مع هذه التصحيحات ومع المسائل النظرية التي تستتبعها على امتداد القرون الوسطى، كما أضحى من طموحات كوبرنيكوس (١٤٧٣ ـ ١٥٤٣م) أن يعد في نهاية المطاف جداول صالحة للاستخدام بشكل دائم.

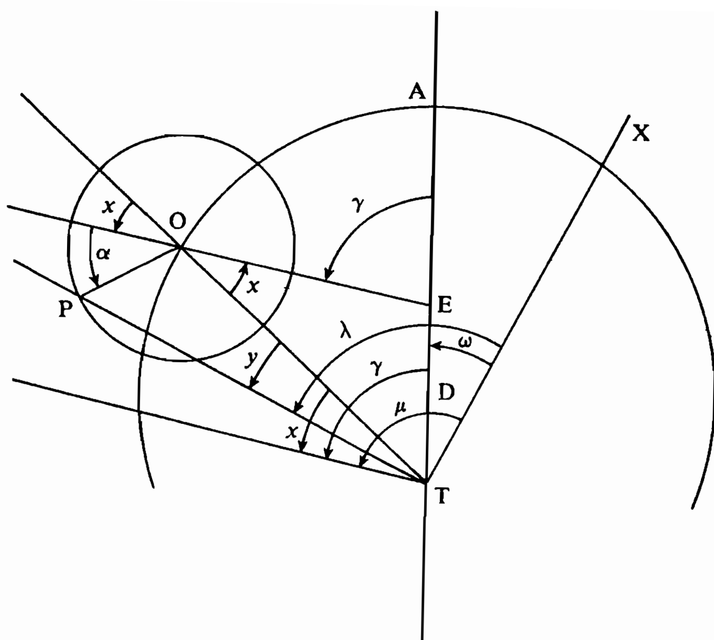
استمرت حركة اقتباس الجداول العربية، وبشكل أساسي **جداول طليطلة**، في أنحاء

---

(١١) لا توجد نشرة حديثة لترجمة أفلاطون التيڤولي، التي ظهرت في نورمبرغ في العام ١٥٣٧، تحت عنوان: *De scientiis astrorum*.

(١٢) لا توجد كذلك نشرة حديثة لجداول طليطلة، لكن سنراجع التحليل المفصل لـ:
G. J. Toomer, «A Survey of the Toledan Tables,» *Osiris*, vol. 15 (1968), pp. 5 - 174.

(١٣) توجد لائحة مع شرح للترجمات اللاتينية المنسوبة إلى جيرار دو كريمون، في:
R. Lemay, «Gerard of Cremona,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 15, pp. 173 - 192.
من أجل الترجمة العربية ـ اللاتينية لكتاب **المجسطي**، انظر: Paul Kunitzsch, *Der Almagest: Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in Arabisch - lateinischer Überlieferung* (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1974).



الشكل رقم (٥ ـ ١)

النظرية البطلمية عن حركة الكواكب بخط الطول (حالة عامة: الكواكب العلوية والزهرة)
مصطلحات القرون الوسطى: T، مركز الأرض أو العالم؛ D، مركز دائرة بطلميوس؛ E، مركز اعتدال المسير؛ O، مركز فلك التدوير؛ P، الكوكب؛ X، أصل الإحداثيات على فلك البروج (بداية برج الجدي)؛ A، الأوج على فلك البروج؛ ω، خط طول الأوج؛ μ، الحركة المتوسطة؛ γ، مركز متوسط؛ α حصة متوسطة؛ x، معادلة المركز؛ y، معادلة الحصة λ، مكان حقيقي.

مختلفة من العالم المسيحي طيلة القرنين الثاني عشر والثالث عشر للميلاد[١٤]. وهكذا نستطيع أن نذكر جداول لخط زوال پيزا وضعها أبراهام بن عزرا (Abraham Ibn Ezra) حوالى العام ١١٤٥م، وجداول لخط زوال لندن تعود لروبير دو شستر في العامين ١١٤٩ ـ ١١٥٠م، وجداول لمدينة لندن أيضاً وضعها هيرفورد (Hereford) في العام ١١٧٨م، وأخرى مغفلة معدة لمدن لندن (١٢٣٢م) ومالين (Malines) ونوڤار (Novare) وكريمون (Crémone)...

(١٤) انظر بشكل خاص المعلومات التي جمعت في: José María Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel* (Madrid: Consejo Superior de Investegaciones Cientiíficas, Instituto «Miguel Asiín», Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada, 1943 - 1950), pp. 365 - 394.

ومن بين جميع هذه الجداول التي ورد ذكرها، يبدو أن جداول تولوز قد لقيت استخداماً واهتماماً خاصاً، ولا سيما من قبل الفلكيين الباريسيين، نظراً لقرب خطي زوال باريس وتولوز أحدهما من الآخر. إن العدد الكبير من المخطوطات لجداول طليطلة، التي تعود إلى القرن الرابع عشر وحتى إلى القرن الخامس عشر، يشهد بالإضافة إلى ذلك على الاستمرار في استخدامها حتى بعد أن أصبحت الجداول الألفونسية مفضلة عند الفلكيين الذين أجروا إصلاحات على علم الفلك في باريس، في بداية القرن الرابع عشر. وبالإضافة إلى تأثيرها على الجداول اللاتينية، أثرت جداول طليطلة على الأزياج التي لم تكن معدة لتقديم الوسائل لحساب مواقع الكواكب، بل لتحديد هذه المواقع نفسها. وعلى سبيل المثال، كان هذا هو حال الزيج المعد لمدينة مونبلييه لسنة ١٣٠٠م وما يليها من السنين، وقد وضعه پروفاتيوس (Profatius) (ت حوالى ١٣٠٧م) الذي قال إنه هو نفسه قد أخذ أصول زيجه من جداول طليطلة[١٥].

وجداول طليطلة هذه هي مجموعة متعددة العناصر، فهي تتضمن، إلى جانب أجزاء ترجع إلى جداول الزرقالي نفسها، أجزاءً أخرى مأخوذة من الخوارزمي (لخطوط عرض الكواكب بشكل خاص)، وأخرى من البتاني (بخاصة من أجل جداول معادلات الكواكب)، بالإضافة إلى غيرها من الأقسام التي تعود إلى **المجسطي** أو إلى **الجداول الميسرة** لبطلميوس وكذلك إلى *De motu octavae spherae* المنسوب في القرون الوسطى إلى ثابت ابن قرة[١٦]. يؤدي هذا التنوع في التركيب إلى نتيجة مفادها أن جداول طليطلة تفتقر إلى

---

(١٥) إن مواقع الكواكب التي تم حسابها انطلاقاً من جداول طليطلة تتوافق بشكل جيد، في الواقع، مع قيم پروفاتيوس (Profatius)، كما بين ذلك في: G. J. Toomer, «Prophatius Judaeus and the Toledan Tables,» *Isis*, vol. 64, no. 223 (September 1973), pp. 351 - 355.

(١٦) لم يتم إيجاد النص العربي لهذا المؤلف. وقد نشرت النسخة اللاتينية التي وضعها جيرار دو كريمون في: Millás Vallicrosa, Ibid., pp. 487 - 509, réimprimé dans: Millás Vallicrosa, *Nuevos estudios sobre historia de la ciencia española*, pp. 191 - 209, et dans: Francis James Carmody, *The Astronomical Works of Thābit b. Qurra* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1960).

إن نسبة هذا المؤلف غير المؤكدة إلى ثابت هي في الوقت الحاضر موضوع نقاش: يرفض ميلياس ڤاليكروزا (Millás Vallicrosa) نسبته إلى الزرقالي، التي أيدها: Pierre Maurice Marie Duhem, *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, 10 vols. (Paris: A. Hermann, 1914 - 1959), vol. 2, pp. 246 et ss.

لكن الأصل الاسباني قد دافع عنه من جديد: Faiz Jamil Ragep, «Cosmography in the Tadhkira of Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī,» (Unpublished Doctoral Dissertation, Harvard University, Department of History of Sciences, 1982), pp. 219 - 229.

هناك ترجمة مع شرح موجودة في: Otto Neugebauer, «Thābit ben Qurra *«On the Solar Year»* and *«On the Motion of the Eighth Sphere»*,» *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 106, no. 3 (June 1962), pp. 264 - 299.

مخطط فلكي تحتي متماسك، كما أن الحسابات فيها مبنية على قيم للوسائط مختلفة ومتنافرة. فعلى سبيل المثال، تم حساب جدول اختلافات المطلع باعتماد قيمة لميل فلك البروج تساوي 51° ; 23، وهي موجودة في **الجداول الميسرة**، في حين تم حساب جدول المطلع المستقيم باعتماد القيمة 35° ; 23 التي استخدمها البتاني. هناك مثال آخر، حيث تم حساب الأعمدة التي تؤلف جدول معادلة الزهرة انطلاقاً من قيمتين مختلفتين للاختلاف المركزي لهذا الكوكب. إن غياب أي تحليل هندسي لحركات الكواكب في القوانين المقتصرة على سردٍ لطرق إجراء الحسابات، جعل، وبشكل مؤكد، نقد جداول طليطلة أكثر صعوبة بالنسبة إلى اللاتينيين الأوائل الذين استخدموها. لذلك فقد أقر هؤلاء ضمناً بالقيم الجديدة للوسائط المستخدمة فيها.

إن السمات المميزة للجداول اللاتينية من القرنين الثاني عشر والثالث عشر للميلاد هي إذاً نفسها سمات جداول طليطلة، وهي في الأساسي منها انعكاس للتعديلات التي أدخلها الفلكيون العرب في القرن التاسع للميلاد على النظرية البطلمية. وتتناول هذه التعديلات بالدرجة الأولى قيم الوسائط الشمسية، التي كانت نوعية تحديدها عند بطلميوس رديئة جداً. وقد أدت الأرصاد التي أجريت في الشرق في القرن التاسع للميلاد، أي بعد بطلميوس بحوالى سبعة قرون، إلى تقديرات مختلفة عن تقديرات هذا الأخير[١٧]، بالنسبة إلى طول السنة المدارية وسرعة حركة المبادرة وميل فلك البروج (33° ; 23 وفقاً لفلكيي المأمون، و35° ; 23 وفقاً للبتاني عوضاً عن القيمة 20° ,51 ; 2 التي وردت في **المجسطي**)، والاختلاف المركزي للشمس (45 ,4 ; 2 جزءاً وفقاً للبتاني، 30 ,29 ; 2 جزءاً وفقاً لبطلميوس) وموقع أوج الشمس (على 30° ; 65 من بداية برج الحمل وفقاً لبطلميوس، على 17° ; 82 وفقاً للبتاني، على 45° ; 82 وفقاً لـ *De anno solis* المنسوب إلى ثابت بن قرة[١٨]). إن اكتشاف الفلكيين العرب للاختلافات بين القيم التي حصل عليها بطلميوس وقيمهم الخاصة وضعهم أمام مسألة دقيقة بقي صداها يتردد باستمرار، وصولاً إلى كوبرنيكوس نفسه. تتلخص المسألة على الشكل التالي: هل يمكن تفسير هذه الاختلافات بأخطاء في الأرصاد، أم بتغيرات على أمد طويل في قيم الوسائط، التي تعبر في هذه الحالة عن وجود حركات لم يتم رصدها حتى ذلك الحين؟ اجتمع التفسيران منذ القرن التاسع للميلاد. الأول قدمه البتاني، الذي لم يشكك بالنماذج الحركية البطلمية، والذي اكتفى

---

(١٧) نستعير معظم القيم التي تلي من: Willy Hartner, «Al- Battānī,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 1, pp. 507 - 516.

(١٨) درس كارمودي النسخة اللاتينية، ونسب أبوتها إلى جيرار دو كريمون. انظر: Carmody, *The Astronomical Works of Thābit b. Qurra.*

وقد رأى ريجيس مورلون (Régis Morelon) أن هذه النسبة مشكوك فيها، وهو علاوة على ذلك يعتبر أن الأصل العربي قد كتب في محيط بني موسى ولا يعود الى ثابت: انظر: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie*, texte établi et traduit par Régis Morelon (Paris: Les Belles lettres, 1987), pp. xlvi - lii.

باعتماد حركة مبادرة أكثر سرعة من حركة بطلميوس (درجة واحدة في ٦٦ سنة عوضاً عن درجة في ١٠٠ سنة). أما التفسير الآخر فقد قدمه مؤلف كتاب *De motu octavae spherae*، الذي افترض، بالإضافة إلى ذلك، أن التغيرات المحتملة في قيم الوسائط الشمسية هي دورية. وبهدف تحليل هذا الأمر، فقد تصور نموذجاً[19] يقدم في آن واحد تغيراً دورياً في المبادرة وبالتالي في طول السنة المدارية، وتغيراً دورياً في ميل فلك البروج. باختصار، يتضمن هذا النموذج فلكين للبروج: أحدهما ثابت ومائل بقيمة 33° ; 23 على خط الاستواء الذي يقطعه فلك البروج هذا في نقطتين تسميان بداية برج الجدي وبداية برج الميزان. تعتبر هاتان النقطتان كمركزين لدائرتين صغيرتين، ترسمهما بداية برج الجدي وبداية برج الميزان، وينتمي هذان البرجان إلى فلك بروج آخر متحرك (لكنه ثابت بالنسبة إلى النجوم)، ويقطع هذا الفلك بدوره خط الاستواء في النقطتين الاعتداليتين. وعندما تكمل بداية برج الجدي المتحرك، التي هي أصل الإحداثيات النجمية، دورة كاملة على دائرتها الصغيرة، فإن النقطة الربيعية تنساق في حركة تذبذبية على خط الاستواء. وقد تم اختيار قيم الوسائط في هذا النموذج بشكل يحدث أثراً أقصى هو 45° ; 10 ± درجة (أي المسافة بين بداية برج الحمل المتحرك والنقطة الربيعية)، وكانت قيمة دورة الحركة التذبذبية تعادل ٤١٦٣,٣ سنة عربية (أي ما يعادل ٤٠٣٩,٢ سنة مسيحية). وقد كانت جداول *De motu*، الموافقة لهذا النموذج الهندسي، مدرجة دون تغيير في جداول طليطلة، التي ضمنت حتى نهاية القرن الثالث عشر نجاحاً لا جدال فيه لهذه النظرية عن حركة تذبذبية للاعتدالين، سميت في لغة القرون الوسطى بالكلمتين «accessio» و«recessio» اللتين تشكلان ترجمة للمصطلحين العربيين «إقبال» و«إدبار»[20].

أما فيما يتعلق بالكواكب، فإن حساب حركاتها في جداول طليطلة ينتج عن الأخذ بعين الاعتبار بثلاث كميات، هي الحركة المتوسطة وتصحيحان يسميان معادلة المركز ومعادلة الحصة. إن هذين التصحيحين ليسا سوى تعبير، في العملية الحسابية، عن عدم انتظام ناجم عن وجود اختلافات مركزية وعن وجود أفلاك تدوير في الإنشاءات الهندسية البطلمية. يتعلق عدم الانتظام، إذاً، بالنسبة إلى كل كوكب، باختلافه المركزي وبنسبة شعاع فلك التدوير إلى شعاع دائرة بطلميوس[21]. ومن الملاحظ أن الإحداثيات المتوسطة المدونة في جداول طليطلة (الحركة المتوسطة للكواكب العلوية، والحصة المتوسطة للكواكب

---

(١٩) حول هذا النموذج، وحول نظريات المبادرة بشكل عام في القرون الوسطى، انظر:
R. Mercier, «Studies in the Medieval Conception of Precession,» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 26 (1976), pp. 197 - 220, et vol. 27 (1977), pp. 33 - 71.

(٢٠) نجد على سبيل المثال تحليل عدد من النصوص المرتبطة بهذه الترجمة في:
John David North, *Richard of Wallingford: An Edition of His Writings*, 3 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1976), vol. 3, pp. 238 - 270.

(٢١) سماها العرب القدامى «الحامل» أو «الفلك الحامل».

السفلية) وإن بدت مستقلة عن الجداول السابقة المعروفة، إلا أن جداول المعادلات في الأساسي منها، هي جداول البتاني نفسها، وهي مشتقة عن **الجداول الميسرة** لبطلميوس. غير أن جدول معادلة مركز الزهرة يشكل الاستثناء الرئيس فيما يتعلق بالمصدر البطلمي لجداول معادلات الكواكب، وهو مشابه لجدول البتاني، لكنه مختلف تماماً عن الجدول الوارد في **الجداول الميسرة**. والسبب هو أن جدول البتاني يفترض أن مركز فلك تدوير الزهرة يتطابق مع الشمس المتوسطة، لذلك يجب أن يكون الاختلاف المركزي للزهرة مساوياً للاختلاف المركزي للشمس. وهذا المفهوم، الذي شاع لدى الفلكيين العرب وفق ما ذكره البيروني (ت ١٠٤٨م)[٢٢] هو الذي استعاده هنا مؤلف جداول طليطلة.

فإذا استثنينا حالة الزهرة، نجد أن بقاء جداول المعادلات بطلمية الأصل يعني أن بنية النماذج الهندسية للكواكب، التي ترتكز عليها جداول طليطلة ومن ثم الجداول اللاتينية المشتقة عن الجداول الأولى، بقيت هي نفسها منذ بطلميوس. بالمقابل، فإن وضع هذه النماذج في نظام الإسناد، المؤلف من نظرية الشمس المقترنة بنظرية حركة النجوم الثابتة، قد يعدل كلياً بالنسبة إلى المفهوم البطلمي. فقد أظهر الفلكيون العرب في القرن التاسع للميلاد أن موقع أوج الشمس متغير (في نظام إحداثيات مدارية)، كما حددوا لحركة الأوج قيمة مشابهة لقيمة حركة المبادرة (درجة واحدة في ٦٦ سنة). بذلك يكونون قد افترضوا أن هاتين الحركتين متماثلتان، أي أن أوج الشمس ثابت، لكن ليس بالنسبة إلى الاعتدال، كما هو الأمر عند بطلميوس، بل بالنسبة إلى كرة النجوم. وقد نتج عن هذا التغيير أن كرة النجوم هي التي استخدمت منذ ذلك الحين كإسناد لحركات الكواكب. وهكذا، فإن جداول طليطلة قد حددت بإحداثيات نجمية، في حين أن الجداول البطلمية كانت مبنية بإحداثيات مدارية. لذلك فبعد تحديد المواقع الحقيقية للكواكب على كرة النجوم الثابتة، أو الكرة الثامنة وفق التعبير في القرون الوسطى، بواسطة جمع جبري للحركة المتوسطة وللمعادلات، فقط بعد هذا التحديد يتم حساب المواقع على الكرة التاسعة (أو كرة فلك البروج غير المتحرك) بإضافة معادلة حركة الإقبال والإدبار، وذلك لكي تؤخذ بعين الاعتبار حركة «ارتجاج» النجوم، ومن ثم حركة أوج الكواكب بالنسبة إلى النقطة الربيعية. وقد لقيت هذه العملية، الموروثة عن جداول طليطلة، استخداماً مستمراً في علم الفلك اللاتيني حتى نهاية القرن الثالث عشر للميلاد.

نظرية الكواكب والتحليل الهندسي للمظاهر

إذا كانت الجداول الفلكية ترضي من يمارس التطبيق بالسماح له بتحديد موقع نجم ما بخط الطول وخط العرض في أية لحظة، فإنها لا تقدم أية معلومات مباشرة في مجالين

(٢٢) انظر: Toomer, «A Survey of the Toledan Tables,» p. 65.

يؤلفان النظرية الفلكية، وفقاً لكبلر، ونعني بهما دراسة الفرضيات ودراسة أسبابها. وقد تشكل هذان المجالان في الغرب اللاتيني في القرن الثالث عشر للميلاد، وهنا أيضاً نرى أن التأثير العربي قد لعب دوراً كبيراً. وقد أصبح تكوّن هذا الحقل الجديد من الأبحاث ممكناً من خلال ظهور طراز جديد من النصوص الفلكية، هي «*theoricae planetarum*» التي كان هدفها عرض النماذج الحركية القادرة على تصوير الحركات السماوية بالشكل الأكثر أمانة. وقد فضل اللاتينيون وصفاً أكثر إيجازاً لنظام العالم وفقاً لبطلميوس، على البراهين الموغلة في التقنية الواردة في **المجسطي**، والنموذجان الأوليان لهذا النظام كانا عملين عربيين. أحد هذين العملين هو المدخل إلى علم الفلك البطلمي والعائد إلى الفرغاني، وقد ظهر بعنوان *Differentie scientie astrorum* في الترجمة التي وضعها يوحنا الاشبيلي في العام ١١٣٧م، وكذلك بعنوان *Liber de aggregationibus scientiae stellarum* في ترجمة جيرار دو كريمون. أما العمل الثاني فهو كتاب مماثل وضعه ثابت بن قرة (المتوفى عام ٢٨٨ هـ/ ٩٠١م)، وقد ترجمه أيضاً جيرار دو كريمون، وعرف بعنوان *De hiis que indigent antequam legatur Almagesti*[٢٣]. وعلى غرار هذين العملين العربيين، تقتصر مؤلفات القرون الوسطى اللاتينية المسماة «*theoricae planetarum*»، في أغلب الأحيان على عرض التصورات الفلكية الأساسية والتنظيم العام للدوائر المستخدمة في تمثيل حركات الكواكب. وينطبق هذا الأمر، بشكل خاص، على المؤلف الأوسع انتشاراً من بين جميع مؤلفات القرون الوسطى، المعروف باسم *Theorica planetarum Gerardi*[٢٤]، الذي نجهل هوية كاتبه، لكن تاريخه يعود على الأرجح إلى بداية القرن الثالث عشر للميلاد. إن التصاميم الهندسية التي وصفت في هذا المؤلف الأخير *Theorica* مطابقة للإنشاءات البطلمية، باستثناء تلك المتعلقة بالتحديد المغلوط لإقامات الكواكب بواسطة المماسات، والمتعلقة بنظرية خطوط عرض الكواكب. وحول هذه النقطة الثانية، هناك تقليدان معروفان في القرون الوسطى: الأول مثّله **المجسطي** وتابعه البتاني بالإضافة إلى ترجمة مغفلة لجداول طليطلة، والآخر نشأ عن الطرق الهندية وانتقل إلى الغرب بواسطة جداول الخوارزمي، ومن خلال الترجمة التي وضعها جيرار دو كريمون لجداول طليطلة. إن الطريقة الثانية مبنية على تنظيم لميول (جمع ميل) مستويات مختلف الدوائر الممثلة لحركات

---

(٢٣) نشرت هذه الترجمة في: Carmody, *The Astronomical Works of Thābit b. Qurra.*
نجد النص العربي الأصلي، مع ترجمة فرنسية وشرح لمورلون، في: Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie*.

(٢٤) بالإضافة إلى النشرة (انظر قائمة المراجع)، يمكن مراجعة الترجمة الإنكليزية لِـ أ. بِدِرسِن (O. Pedersen)، التي ظهرت في: Edward Grant, ed., *A Source Book in Medieval Science,* Source Books in the History of the Sciences (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974), pp. 451 - 465.

الكواكب، مغاير للتنظيم الذي اعتمده بطلميوس، لذلك تؤدي هذه الطريقة بالطبع إلى عمليات حسابية مختلفة عن عمليات **المجسطي**. وقد استند مؤلف *Theorica Gerardi* إلى هذه العمليات بالذات، وساهم بشكل واسع في انتشارها حتى بداية القرن الرابع عشر، وهو العصر الذي أعادت فيه الجداول الألفونسية الأولوية إلى العمليات البطلمية.

إن المؤلف المعروف بـ *Theorica planetarum Gerardi* هو شكل مختصر لمؤلفات «*theoricae*» في القرون الوسطى، وهو لا يقدم أية إشارة إلى وسائط الإنشاءات الهندسية، ولا إلى سرعات دوران عناصرها المتحركة. بالمقابل، إن المؤلف *Theorica planetarum* هو الشكل الأكثر تطوراً لـ «theoricae» في القرون الوسطى، وقد وضعه كمپانوس دو نوڤار بين العامين ١٢٦١ و١٢٦٤م، وهو يجمع بين عرض نظري مفصل لعلم الحركة البطلمي الخاص بحركات الكواكب وبين وصف الأدوات المختصة بتمثيل هذه الحركات، ويشكل هذا الوصف أول مؤلف لاتيني عن «الصفيحة الجامعة لتقويم الكواكب» (équatoire). وبعد إدراجه في البرامج الجامعية خلال القرن الرابع عشر، وفر *Theorica* العائد لكمپانوس انتشاراً واسعاً للمواد التي أخذها عن مؤلف الفرغاني، الذي يعتبر المصدر الأهم بعد بطلميوس لـ *Theorica*. ويضيف كمپانوس، على غرار الفرغاني، إلى **ملخص المجسطي** معلومات حول نظام الكرات السماوية، فيكمل وصف كل نموذج كوكبي من خلال تقدير أبعاد كل جزء من أجزاء هذه النماذج. وبما أن كمپانوس نفسه وضع لمدينة نوڤار جداول فلكية مبنية على جداول طليطلة، فقد استعار من هذه الجداول الأخيرة عدداً لا بأس به من قيم الوسائط. وهكذا أخذت جميع وسائط أوج الكواكب من جداول طليطلة، بما في ذلك وسيط أوج الشمس التي تخضع لحركة المبادرة، كما هو الأمر عند الفلكيين العرب. يعتمد كمپانوس، كذلك، القيم الطليطلية من أجل الحركات المتوسطة للكواكب العلوية، ومن أجل الحصة المتوسطة لعطارد، لكنه يعتمد القيمة المأخوذة من جداول نوڤار الخاصة به من أجل الحصة المتوسطة للزهرة. كما يتبنى أيضاً جداول طليطلة بالنسبة إلى المسافات بين إقامةٍ وأوج. وأخيراً يعتمد، على غرار هذه الجداول، القيم البطلمية للاختلافات المركزية لأفلاك التدوير ولأطوال شعاعات الأفلاك، وذلك بالنسبة إلى مختلف الكواكب (باستثناء المريخ، حيث إن الفارق عائد إلى خطأ على الأرجح).

أما فيما يتعلق بأبعاد العالم، فإن العناصر الأساسية في هذا المؤلف مأخوذة عن بطلميوس، وهي الأبعاد المقارنة لكرات الأرض والقمر والشمس. ويكون ذلك وفق مبدأ تجاور الكرات السماوية الذي يسمح، شيئاً فشيئاً، بحساب الأبعاد النسبية لكرات الكواكب وصولاً إلى زحل، ومن بعد إلى النجوم الثابتة. وبالمقابل، فإن جميع تقديرات كمپانوس، بالقيم المطلقة، مبنية على تخمين طول درجة خط العرض الأرضي، الذي وجده عند الفرغاني (56 2/3 ميلاً)، ثم أدرجه ثانية في الحسابات البطلمية للعناصر الأساسية (قطر الأرض وقطر الشمس والمسافة بين الأرض والشمس، . . . الخ). وباستخدامه أيضاً

لعظم الأجرام السماوية نفسها، الذي أخذه عن الفرغاني، وجد كمپانوس بذلك نفسه قادراً على حساب أبعاد جميع أجزاء نظام العالم.

ومن أجل تقديم ملخص بخطوط عريضة، نستطيع القول إن ثلاثة تأثيرات مهيمنة قد تركت طابعها على صورة علم الفلك في القرون الوسطى في القرن الثالث عشر للميلاد، التي رسمها مؤلف كمپانوس *Theorica planetarum* بطريقة نموذجية. وهذه التأثيرات هي تأثير بطلميوس على النماذج الهندسية وقيم وسائطها، وتأثير جداول طليطلة على الإحداثيات المتوسطة للعناصر المتحركة العائدة لهذه النماذج، وأخيراً تأثير الفرغاني، ومن خلاله تأثير كتاب بطلميوس **في أصول حركات الكواكب المتحيرة** على البنية الكوزمولوجية للكون. وفي هذه الصورة، تبقى مسألتان رئيستان مطروحتين للبحث: **الأولى** هي مسألة حركة كرة النجوم، التي يكتفي بصددها كمپانوس بإشارات تذكر، جنباً إلى جنب، الحركة البطلمية وقيمتها درجة في كل مئة عام، وحركة الإقبال والإدبار المنسوبة إلى ثابت بن قرة دون تحديد قيمتها؛ والمسألة **الثانية** هي حقيقة النماذج الحركية البطلمية.

مسألة أساس الفرضيات

تعرّف الغرب اللاتيني، من خلال المؤلفات النظرية *theoricae*، على الفرضيات البطلمية التي بقيت متضمنة في الجداول وقوانينها. وفي ذلك العصر، اطلع الغرب كذلك من خلال ترجمات ميشال سكوت (Michel Scot) (ت حوالى ١٢٣٦م) على شروحات ابن رشد (المتوفى في العام ١١٩٨م) حيث تتعرض هذه الفرضيات إلى النقد الحاد[(٢٥)]. ففيزياء أرسطو تقضي في الواقع ألا تملك المادة السماوية سوى حركة الدوران المنتظم لكرات متحدة المركز. لذلك كان من السهل على ابن رشد أن يكشف، وفق متطلبات هذه الفيزياء، عن وجود تناقضات في علم الفلك الذي يتضمن أفلاكاً مختلفة المركز وأفلاك تدوير. وقد تلقى اللاتينيون في الوقت نفسه، بالإضافة إلى نقد ابن رشد الجذري، الترجمة التي وضعها ميشال سكوت في العام ١٢١٧ لمؤلف البطروجي (حوالى ١٢٠٠م) الذي ترجم إلى اللاتينية تحت عنوان *De motibus celorum*، حيث يحاول الكاتب أن يعدل علم الفلك لكي يتوافق مع فيزياء أرسطو. ويمكن فهم نماذج البطروجي، في مبدأها، كنوع

---

(٢٥) إن مقاطع الشروحات حول مؤلفات أرسطو، حيث ينتقد ابن رشد علم الفلك البطلمي، جمعت في مقالة: Francis J. Carmody, «The Planetary Theory of Ibn Rushd,» *Osiris*, vol. 10 (1952), pp. 556 - 586.

حول نقد العلماء العرب من إسبانيا لبطلميوس، انظر: A. I. Sabra, «The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Biṭrūjī,» in: Everett Mendelsohn, ed., *Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1984), pp. 133 - 153.

من التجديد للنماذج متحدة المركز العائدة لأودوكس (Eudoxe)، التي تبناها أرسطو. ويتناول هذا التجديد ميول محاور كرات الكواكب التي أصبحت متغيرة، حيث إن حركة كل كرة تنقاد بحركة قطبها الذي يرسم فلك تدوير صغيراً بالقرب من قطب خط الاستواء.

إن التعرف إلى هذه النصوص كان مصدر جدال طويل في القرون الوسطى حول أساس الفرضيات(٢٦)، إذ نجد منذ العام ١٢٣٠ م صدى مؤلف البطروجي، الذي ما زال مشوشاً، عند كاتبٍ مثل غليوم دوفرني (Guillaume d'Auvergne) (١١٨٠ ـ ١٢٤٩م)، ثم بعد ذلك بفترة قصيرة من الزمن عند روبير غروستست (Robert Grosseteste) (١١٧٥ ـ ١٢٥٣م). أما ألبير الكبير (Albert le Grand) (المتوفى في العام ١٢٨٠م)، فقد أعجب بأحد أكثر الأشكال تبسيطاً لنظرية البطروجي، ونعني بهذا الشكل محاولة تفسير كل المظاهر السماوية بواسطة محرك واحد يقود جميع الكواكب في حركة سريعة إلى حد ما نحو الغرب، مما يسمح بتحليل حركاتها الذاتية الظاهرية نحو الشرق. وفي ختام مناقشته، يرفض ألبير نقد ابن رشد للأفلاك مختلفة المركز ولأفلاك التدوير، بحجة أن الأجرام السماوية تختلف عن الأجسام الأرضية من حيث المادة والشكل. كذلك، يرفض علم فلك الكرات متحدة المركز، لأن «علم الفلك هذا لم يستكمل برصد قيمة الحركات» حسبما يقول. وهكذا، يبرز ألبرتوس عدم قدرة علم الفلك هذا على التحليل الكمي للمظاهر، مما يشكل نقصاً عانت منه فرضية البطروجي باستمرار في القرون الوسطى. ويفسر هذا النقص لامبالاة الفلكيين نحوها.

ومن جهة أخرى، فإن الشكوك والانتقادات الموجهة إلى بطلميوس، التي أثارتها أعمال ابن رشد والبطروجي، أدت إلى تعمق في التفكير حول وضع النظريات الفلكية، وإلى ظهور موضوعات ستعود وتقفز إلى الواجهة في القرن السادس عشر خلال الجدال بين فرضيات بطلميوس وفرضيات كوبرنيكوس. وقد عبر توما الأكويني (Thomas d'Aquin) (١٢٢٥ ـ ١٢٧٤م) عن هذه الموضوعات بوضوح، عندما قال إن الافتراضات التي تصورها الفلكيون ليست حقيقية بالضرورة، حتى وإن بدت قادرة على تبرير المظاهر، إذ إننا ربما استطعنا شرح هذه المظاهر بعمليةٍ ما مختلفة لم يتم تصورها حتى الآن. يقابل توما بذلك بين طريقتين لتعليل ظاهرة ما، تتلخص الأولى في الإثبات الكافي لمبدأ ما تنتج منه الظاهرة، وتتلخص الثانية بتوضيح توافق ما بين الظاهرة وبين مبدأ ما موضوع مسبقاً. وبرأي توما، يستخدم علم الفلك العملية الثانية التي تكفي لتبرير وتفسير المظاهر المحسوسة.

في هذا الجدال الدائر بين الفيزياء وعلم الفلك، الذي كان أرسطو وبطلميوس بطليه في عصر سيمپليسيوس، والذي تجدد على شكل مجابهة بين بطلميوس والبطروجي، وجُد

---

(٢٦) حول هذا الموضوع، انظر: Duhem, *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic,* vol. 3, pp. 241 - 498 et passim.

بعض اللاتينيين من أتباع الفلسفة المدرسية عنصر حل في مؤلف كاتب عربي آخر، هو **هيئة العالم** لابن الهيثم (المتوفى حوالى ١٠٤١م)، وقد حفظت ثلاث ترجمات لاتينية مغفلة عنه (تعود إحداها إلى العام ١٢٦٧م)[٢٧]. يشكل هذا المؤلف وصفاً للكون من دون أداة رياضية، حيث يستعيد ابن الهيثم أنظمة الأفلاك المجسمة التي تصورها بطلميوس في كتابه **في أصول حركات الكواكب المتحيرة**. وبتصوير بياني، فإن كرة كل كوكب تتألف من فلك متحد المركز مع الأرض، وفيه يقع فلك مختلف المركز يتضمن دائرة بطلميوس وفلك التدوير. ويملك جزءا الفلك متحد المركز، وأحدهما داخلي والآخر خارجي بالنسبة إلى الفلك مختلف المركز، سماكتين مختلفتين وتتحدد وظيفتهما في موازنة الاختلاف المركزي إلى حد ما، وفي جعل كرة الكواكب بمجموعها متحدة المركز مع العالم. وقد قدم روجر بيكون (Roger Bacon) (ت ١٢٩٤م) في مؤلفه *Opus tertium* هذا التفسير الفيزيائي لعلم الفلك البطلمي كتصور حديث (ymaginatio modernorum) تم ابتكاره بهدف تجنب مساوىء نظام الأفلاك مختلفة المركز وأفلاك التدوير. وبرأي الكاتب، يبطل هذا التفسير اعتراضات ابن رشد، وبالعكس من ذلك، فإن تغيرات مسافات الكواكب وعدم انتظام حركاتها تبدو بالنسبة إلى الكاتب كتأكيدات لفرضيات بطلميوس. وسيعتمد هذا الرأي أيضاً العديد من أساتذة القرون الوسطى، مثل برنار دو ڤردان (Bernard de Verdun) وريشار دو ميدلتون (Richard de Middleton) ودنز سكوت (Duns Scot) وغيرهم.

إن قصور نظام البطروجي عن تحليل أرصاد بسيطة تتعلق، على سبيل المثال، بالإختلاف المركزي للكواكب ـ وهذا القصور كشفه أيضاً ريجيومونتانوس (Regiomontanus) المتوفى في العام ١٤٧٦م في نهاية القرون الوسطى ـ بالإضافة إلى أهلية التصور «*ymaginatio*» الموروث عن ابن الهيثم في الرد على انتقادات ابن رشد، قد ضمنا انتصار الفرضيات البطلمية وتفسيرها الفيزيائي بمساعدة أفلاك ابن الهيثم. وقد وجد العرض الأكثر إنجازاً المتعلق بهذا التفسير في نهاية القرون الوسطى في المؤلف *Theoricae novae planetarum* الذي وضعه جورج پورباش (Georg Peurbach) في العام ١٤٥٤م، والوصف الوارد في هذا المؤلف للأفلاك السماوية قد اعتمد كعرض «قانوني» لبنية السموات حتى ذلك الوقت الذي رفض فيه تيكو براهي (Tycho Brahe) (١٥٤٦ ـ ١٦٠١م) الوجود نفسه للكرات السماوية.

---

(٢٧) إن إحدى هذه الترجمات، التي يبدو أنها وضعت عن نسخة اسبانية (مفقودة) معدة لألفونس العاشر، قد نشرت من قبل: José María Millás Vallicrosa, *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo* (Madrid: [n. pb.], 1942), pp. 285 - 312.

حول التصورات الفلكية لابن الهيثم، انظر: A. I. Sabra, «An Eleventh - Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory,» in: *Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen*, edited by Erna Hilfstein, Pawel Czartoryski and Frank D. Grande, Studia Copernicana; 16 (Wroclaw: Ossolineum, 1978), pp. 117 - 131.

شكل العائق الثاني الكبير الذي اعترض فلكيي القرون الوسطى، والمتعلق بحركة المبادرة، صعوبة أكبر في تجاوزه. وقد كتب الفلكي الباريسي يوحنا الصقلي[٢٨] (Jean de Sicile) شرحاً، يعود على الأرجح إلى العام ١٢٩١م، حول الترجمة التي وضعها جيرار دو كريمون لقوانين الزرقالي الخاصة بجداول طليطلة. ويعدد هذا الفلكي في شرحه الفرضيات المختلفة التي يراها مرتبطة بمسألة المبادرة، وهي الحركة المنتظمة المقدرة وفقاً لبطلميوس بقيمة درجة واحدة كل ١٠٠ عام، ووفقاً للبتاني بقيمة درجة واحدة كل ٦٦ عاماً، وحركة الذهاب والإياب بقيمة درجة كل ٨٠ عاماً وبسعة ثماني درجات، والتي استبعدها البتاني؛ ثم حركة الإقبال والإدبار الواردة في المؤلف *De motu octavae spherae* المنسوب إلى ثابت بن قرة. ومن جهته، يرفض هذا الفلكي حركة الإقبال والإدبار، ويلتزم بالتصور البطلمي عن الحركة المنتظمة، معتبراً أن قيمتها الصحيحة غير مؤكدة. وبذلك، يكون يوحنا الصقلي الشاهد على عدم ثقة الوسط الفلكي الباريسي في ذلك العصر بالنظرية الواردة في *De motu*، وبشكل أعم بجداول طليطلة.

في الواقع، وفي نهاية القرن الثالث عشر للميلاد، لم يعد مقبولاً ذلك الفارق بين المواقع التي تم حسابها انطلاقاً من جداول طليطلة أو من الجداول اللاتينية المشتقة عنها، وبخاصة جداول تولوز، وبين المواقع المرصودة للكواكب. وهكذا، فإن غليوم دو سانت كلود[٢٩] (Guillaume de Saint-Cloud)، بالاستناد إلى أرصاد أجراها بهدف إعداد زيجه، قدر الفارق بين مواقع الأوج المتحرك ومواقع الأوج الثابت على الكرة الثامنة بقيمة 10 ; °13 للعام ١٢٩٠ وبقيمة °15 ; 10 للعام ١٢٩٢م. عندها، وبعد أن لاحظ أن هذا الفارق هو أكبر بمقدار درجة تقريباً من القيمة التي يمكن أن تنتج عن حساب يتم وفقاً لقانون الحركة الموضوع في *De motu octavae spherae*، استنتج خلاصة تقول برفض هذا القانون، كما سلم بأن حركة المبادرة يجب اعتبارها، على الأقل بشكل مؤقت، منتظمة بمعدل درجة في العام (وهي قيمة قريبة من تلك القيمة التي حصل عليها البتاني). وفيما يتعلق من جهة أخرى بالحركات المتوسطة للكواكب، فقد أدخل غليوم تصحيحات تجريبية إلى جذور جداول طليطلة، بإضافة أو بطرح كميات ثابتة، هي °15 ; 1 + لزحل، °1 − للمشتري،

(٢٨) انظر: Emmanuel Poulle, «John of Sicily,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 7, pp. 141 - 142.

(٢٩) حول هذا الفلكي وحول القيم الوارد ذكرها، انظر: Emmanuel Poulle: «William of Saint - Cloud,» in: Ibid., vol. 14, pp. 389 - 391, and *Les Instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée: Equatoires et horlogerie planétaire du XIII^e au XVI^e siècle*, hautes études médiévales et modernes; 42, 2 vols. (Paris: Dröz - Champion, 1980), pp. 68 and 209.

3° – للمريخ، 22° ; 0 + للقمر. كذلك، اقترح كاتبان باريسيان آخران هما پيار دو سانت أومر (Pierre de Saint-Omer) وج. مارشيوني[٣٠] (G. Marchionis) هذه التصحيحات نفسها في مؤلفيهما عن «الصفيحة الجامعة» الموضوعين في العامين ١٢٩٤ و١٣١٠م على التوالي. وبالإضافة إلى ذلك، قدر پيار دو سانت أومر الفارق بين الأوج الثابت والأوج المتحرك بقيمة 10° ; 10، وذلك بالاستناد إلى تقديرات غليوم دو سانت كلود لحركة المبادرة، التي استلهمها أيضاً على الأرجح پروفاتيوس (Profatius) في مؤلفه عن الصفيحة الجامعة الموضوع بين العامين ١٣٠٠ و١٣٠٦م. وهكذا تشهد مجموعة من النصوص العائدة إلى أواخر القرن الثالث عشر للميلاد كحد أقصى على نهاية تأثير لم يكن له منازع لجداول طليطلة. فقد كف فلكيو ذلك العصر عن اعتبارها وافية للغرض. ورفضوا بشكل خاص حركة الإقبال والإدبار وآثروا عليها حركة منتظمة للمبادرة.

لكن هذه الانتقادات لم تمارس مع ذلك تأثيراً إلا لفترة قصيرة من الزمن. ففي بداية القرن الرابع عشر للميلاد، تم استبدال جداول طليطلة في علم الفلك اللاتيني بالجداول الألفونسية. ولم يبق من الجدول التي كتبت بالاسبانية خصيصاً للكونت ألفونس العاشر القشتالي بين العامين ١٢٥٢ و١٢٧٢م، سوى القوانين الواردة فيها. وبالمقابل، فإن النسخة اللاتينية، التي ظهرت في باريس في العام ١٣٢٠م، هي التي هيمنت منذ ذلك الوقت على علم الفلك الذي يعتمد على الجداول حتى صدور مؤلف كوبرنيكوس ***De revolutionibus*** في العام ١٥٤٣م. وفي أول محاولة معروفة متعلقة بعلم الفلك الجديد، متمثلة في المؤلف ***Expositio tabularum Alfonsi regis Castelle***[٣١] الموضوع في العام ١٣٢١م، يلتزم جان دو مور (Jean de Murs) الصمت حيال قيم وسائط الكواكب، والاختلافات المركزية لأفلاك التدوير، وعظم هذه الأفلاك، ويركز دراسته على القيم المعطاة في الجداول الألفونسية لمتوسط حركة الشمس ولحركة أوج كل كوكب. وفي الواقع، فإن أكثر ما يميز الجداول الألفونسية عن الجداول السابقة هو معالجتها لحركة المبادرة. وبرأي جان دو مور نفسه، تمثل هذه الجداول محاولة توفيق بين النظرية البطلمية عن حركة المبادرة المنتظمة والنظرية العربية عن حركة الإقبال والإدبار. وتتألف حركة الأوج والنجوم، وفقاً للنظرية الألفونسية، من مركبتين هما: حركة منتظمة وفق توالي البروج وتساوي دورتها ٤٩٠٠٠ سنة (أي درجة واحدة في أكثر من ١٣٦ سنة بقليل)،

---

(٣٠) حول هذين المؤلفين، انظر: Poulle, *Les Instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée: Equatoires et horlogerie planétaire du XIIIe au XVIe siècle,* pp. 205 - 209 et 260 - 265.

(٣١) إن هذا المؤلف الهام قد نشره: Emmanuel Poulle, «Jean de Murs et les tables alphonsines,» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge,* vol. 47 (1980), pp. 241 - 271. انظر أيضاً: Emmanuel Poulle, «John of Murs,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 7, pp. 128 - 133.

وحركة إقبال وإدبار بالنسبة إلى تقاطع منطقة البروج مع خط الاستواء، وتساوي دورتها ٧٠٠٠ سنة، مع فعالية قصوى بقيمة تسع درجات. فقد تم إذاً الإبقاء على حركة الإقبال والإدبار، الواردة في *De motu*، بصفتها مركبة تعمل على تغيير سرعة حركة مبادرة الأوج والنجوم. وعلاوة على ذلك، أخذت حركة المبادرة هذه بعين الاعتبار منذ بداية العمليات الحسابية لمواقع الكواكب، وليس في نهايتها كما هو الحال في جداول طليطلة عندما يتعلق الأمر بنقل الأماكن التي تم تحديدها على كرة النجوم الثابتة إلى إحداثيات مدارية. وبشكل أعم، فقد تم تصميم الجداول الألفونسية لكي تحدد الأماكن الحقيقية للكواكب على الكرة التاسعة مباشرة، أي بإحداثيات مدارية.

وفيما يتعلق بمعادلات الكواكب(٣٢)، فإن تلك المعادلات الموجودة في جداول طليطلة لم تتلق سوى تعديلات طفيفة من قبل الفلكيين الألفونسيين، باستثناء الحالات المتعلقة بالشمس والزهرة والمشتري. إن التغيير في المعادلة القصوى للشمس (وبالتالي، في جدول المعادلة الخاص بها) ينتج عن تعديل ضمني، غير موضح في أي قانون، في الاختلاف المركزي للشمس الذي تتغير قيمته من 6 ;2 جزء في جداول طليطلة (30 ; 2 جزء عند بطلميوس) إلى 15 ; 2 جزء عند الفلكيين الألفونسيين. وبما أن الاختلاف المركزي للزهرة (الاختلاف المركزي لدائرة بطلميوس الخاصة بالزهرة) كان يتم اعتباره بشكل تقليدي مساوياً لنصف الاختلاف المركزي للشمس، أي 8 ; 1 جزء عند الفلكيين الألفونسيين (بدلاً من 15 ; 1 جزء عند بطلميوس و3 ; 1 جزء في جداول طليطلة)، فقد تمّ تعديل المعادلة القصوى للزهرة والجدول المقابل للمعادلة بطريقة مماثلة. وأخيراً، بالنسبة إلى المشتري، فإن زيادة المعادلة القصوى، التي تتغير من 15 ; 5 جزء في جداول بطلميوس وطليطلة إلى 57 ; 5 جزء في الجداول الألفونسية، تعكس نمواً من 45 ; 2 جزء إلى 7 ; 3 جزء في الاختلاف المركزي للمشتري. بالمقابل، فيما يتعلق بشعاعات أفلاك التدوير، فإن الوسائط المشتقة (بواسطة حسابات عصرية) انطلاقاً من القيم المجدولة لمعادلة الحصة، تظهر أن الجداول الألفونسية مبنية على قيم مماثلة لتلك التي تشكل أساس جداول طليطلة وجداول بطلميوس.

وبالإجمال، أبقت الفرضيات الجديدة على بنية النماذج البطلمية للكواكب دون تغيير، باستثناء ما يرتبط بالاختلافات المركزية للشمس والزهرة والمشتري. وما تغيّر بشكل أساسي هو، مرة أخرى، نظرية حركة الشمس، ونظرية حركة النجوم الثابتة المرتبطة بشكل وثيق بنظرية حركة الشمس. وقد لعبت أيضاً، في هذا المجال، المفاهيم الواردة في *De motu octavae spherae* دوراً أساسياً، فهي بالتأكيد لم تعد تستخدم لوصف حركة الانقلابين نفسها، بل لوصف تغيرات سرعة هذه الحركة.

(٣٢) إن المعلومات التي تلي مأخوذة من: Poulle, *Les Instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée: Equatoires et horlogerie planétaire du XIIIᵉ au XVIᵉ siècle*, pp. 26 - 27 et 767 - 769.

بعد أن أصبحت الجداول الفلكية مستوفاة بفضل الإصلاحات الألفونسية، وجه كبار الفلكيين من نهاية القرون الوسطى اهتمامهم إلى تحليل النماذج الحركية البطلمية. نذكر بشكل خاص عمل پورباش (Peurbach) وعنوانه *Theoricae novae planetarum*، وكتاب *Epitome in Almagestum Ptolemaei*، الذي بدأه پورباش وأنجزه ريجيومونتانوس. في العمل الثاني، الذي يتضمن تحليلاً مفصلاً للغاية لمؤلف بطلميوس، وجد كوبرنيكوس مصدره الرئيس الذي يتعلق بالنتائج التي حصل عليها الفلكيون العرب، وبشكل خاص البتاني والزرقالي. أما في العمل الأول، فقد استطاع معرفة بنية الكرات المجسمة، الموروثة عن كتاب بطلميوس **في اقتصاص أصول حركات الكواكب المتحيرة** وعن كتاب ابن الهيثم **هيئة العالم**. كما استطاع أيضاً في هذا العمل قراءة وصف حركة الإقبال والإدبار وفقاً لـ *De motu octavae spherae*، وذلك في فصل يدور حول هذا الموضوع، كان پورباش قد أضافه لاحقاً إلى النسخة الأصلية. كما استطاع هناك أخيراً، أن يتعرف إلى تمثيل دائرة بطلميوس الخاصة بعطارد كشكل بيضاوي. وقد ورد أول ذكر لهذا الشكل في مؤلف للزرقالي عن «الصفائح الجامعة» كان معروفاً في الغرب من خلال ترجمة إسبانية وردت في كتاب *Libros del Saber*، الذي تم وضعه تلبية لطلب ألفونس العاشر. وقد كان هذا المؤلف على الأرجح المصدر الأساسي الذي اعتمده پورباش[٣٣].

إن قضية التأثير العربي على نصوص كوبرنيكوس[٣٤] تقود إلى مجموعتين من المسائل، تتعلق الأولى منهما بنظرية المبادرة وبنظرية الشمس، أما الثانية فتتعلق بنظرية الكواكب. وكما رأينا سابقاً، فإن مسألة حركة الشمس والنجوم هي التي شكلت، على امتداد القرون الوسطى كلها، العقبة الرئيسة أمام الفلكيين اللاتينيين. لذلك لن تعترينا الدهشة إذا ما

---

(٣٣) حول مسائل الكرات المجسمة وحول تصوير دائرة بطلميوس الخاصة بعطارد عند پورباش (وحول مصادره العربية)، انظر: Willy Hartner, «The Mercury Horoscope of Marcantonio Michiel of Venice: A Study in the History of Renaissance Astrology and Astronomy,» *Vistas in Astronomy,* vol. 1 (1955), pp. 84 - 138, reprinted in: Willy Hartner, *Oriens - Occidens,* Collectanea; 3 (Hildesheim: G. Olms, 1968), pp. 440 - 495.

(٣٤) توجد لمحة عامة حول التأثير الذي مارسه علم الفلك العربي على كوبرنيكوس، في:
Noël M. Swerdlow and Otto Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus,* Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 10, 2 vols. (New York: Springer - Verlag, ©1984), pp. 41 - 48.

حول *Commentariolus* انظر أيضاً: Noël M. Swerdlow, «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary,» *Proceedings of the American Philosophical Society,* vol. 117, no. 6 (December 1973), passim.

علمنا أن أول مأثرة لكوبرنيكوس، حسب اعتقاد تلميذه رتيكوس (Rheticus)، تمثلت في حل هذه المسألة.

إن الجدل الطويل حول وسائط الشمس في القرون الوسطى (الاختلاف المركزي، وموقع الأوج، وميل فلك البروج)، وحول المبادرة أو ارتجاج الاعتدالين، يتخذ مظهراً جديداً في نظام كوبرنيكوس. وذلك منذ أن أخذت الأرض على عاتقها ليس الدوران اليومي فحسب، بل الدوران السنوي كذلك، بالإضافة إلى انزلاق الاعتدالين بالنسبة إلى النجوم الثابتة. وهذا الانزلاق باتجاه الغرب، هو الذي يتسبب بالفارق بين طول السنة النجمية وطول السنة المدارية، وهو يعود إلى حركة محور الأرض. وبعد أن أخذ كوبرنيكوس بعين الاعتبار، في مؤلفه *Commentariolus*، في آنٍ واحد أطوال السنة المدارية التي حددت عند بطلميوس وعند البتاني وفي الجداول الألفونسية، والقيم المقابلة للمبادرة التي تقدمها المصادر نفسها، استنتج أن الحساب في جميع الحالات يحدد سنة نجمية ثابتة وقدرها 365 يوماً و 6 1/6 ساعة. ولكن النموذج المبتكر في *Commentariolus* لتحليل هذه النتيجة، ونعني به الحركة باتجاه الغرب لمحور الأرض (التي تكمل دورانها المحوري في سنة مدارية، بينما يدور الفلك الكبير الذي يحمل الأرض باتجاه الشرق في سنة نجمية) لم يكن كافياً بعد لأن ينتج سوى حركة مبادرة منتظمة. فقد اعترف كوبرنيكوس نفسه بأنه، حتى ذلك التاريخ لم يكن قد اكتشف قانون حركة المبادرة. غير أن ذلك يعني، كما سبق، أن كرة النجوم ثابتة، وأن خطوط القبوين للكواكب ثابتة بالنسبة إلى الكرة، وأن حركة محور الأرض هي التي تزيح الاعتدال بالنسبة إلى فلك البروج. وهذا يعني أيضاً، عودة كوبرنيكوس إلى مفاهيم الفلكيين العرب التي تعتبر، ومنذ عصر ثابت بن قرة والبتاني، أن السنة النجمية ثابتة وأن دورات حركات الكواكب مثبتة بالنسبة إلى النجوم.

غير أن التماثل لا يتوقف عند هذا الحد. ففي الواقع، عندما يهتم كوبرنيكوس في مؤلفه *De revolutionibus* بوصف تباينات حركات الأرض بشكل أكثر دقة، فإنه يجري إحصاءً تاريخياً للتقديرات، التي حصل عليها من سبقه، والمتعلقة بميل فلك البروج، والاختلاف المركزي للشمس وموقع أوجها. وبالنسبة إلى مرحلة القرون الوسطى[٣٥]، فهو يلجأ إلى النتائج التي حصل عليها البتاني والزرقالي. وأمام تعدد القيم التي تم إحصاؤها، وجد كوبرنيكوس نفسه أمام مشكلة، هي بالضبط نفسها التي واجهت الفلكيين العرب في القرن التاسع للميلاد بعد قيامهم بتحديداتهم الجديدة لقيم الوسائط موضوع البحث. تتلخص هذه المشكلة على الشكل التالي: هل تفسر الاختلافات في القيم التي تم الحصول عليها بأخطاء، أم بتغيرات طويلة الأمد في هذه القيم؟ وبكلام آخر، هل ينبغي استبعاد بعضها، أم يجب دمجها جميعها في قوانين الحركة التي يجري تحديدها؟ فيما يتعلق بهذه

---

(٣٥) يوجد ملخص جيد لهذا الاحصاء التاريخي وللخلاصات التي يستنتجها كوبرنيكوس، في:
Rhäticus, *Narratio prima*, pp. 94 - 98.

المسألة، فإن مثال *De motu octavae spherae* هو الذي ألهم كوبرنيكوس. وفي الواقع، وكما فعل كاتب هذا المؤلف، يعتبر كوبرنيكوس أن الأرصاد مجتمعة تعكس تغيرات دورية في الحركات موضوع البحث، ويبني نموذجاً، على غرار *De motu*، يجمع بين سنة نجمية منتظمة وارتجاج للاعتدالين. لكن هذا الارتجاج عند كوبرنيكوس ليس بسيطاً، بل مركباً، كما هو الحال في الجداول الألفونسية، من حد قرني ومن حد آخر دوري (يملكان على التوالي دورة قدرها 25816 سنة وأخرى قدرها 1717 سنة من 365 يوماً).

إن تغير درجة المبادرة لا يكفي مع ذلك، وفقاً لكوبرنيكوس، لشرح تغير طول السنة. في رأيه، ينبغي أيضاً إدخال متباينتين طويلتي الأمد تؤثران، بناءً على إحصائه، على حركة الشمس. وهاتان المتباينتان هما النقص في الاختلاف المركزي وحركةٌ غير منتظمة لخط القبوين. وقد وجد الفلكيون اللاتينيون للمرة الأولى، عند الزرقالي بالذات، تأكيداً للحركة الذاتية (لكن غير المنتظمة) لأوج الشمس وتمييزاً واضحاً للسنة الحاصيّة التي كان يتم خلطها حتى ذلك الحين مع السنة المدارية (بطلميوس) أو مع السنة النجمية (ابن قرة والبتاني). ويستعير كوبرنيكوس[(٣٦)] من الزرقالي أيضاً، عن طريق المؤلف *Epitome* العائد لريجيومونتانوس، الآلية المعدة لكي تحلل في آن معاً تغير الاختلاف المركزي (التي يفترض أن دورته مساوية لدورة تغير ميل فلك البروج) وتباين حركة خط القبوين. لذلك يكفي ببساطة أن نجعل مركز الفلك الأرضي (أي الشمس المتوسطة) يرسم دائرة صغيرة حول نقطة تبعد عن الشمس الحقيقية مسافة مساوية للاختلاف المركزي المتوسط، وذلك وفق دورة مطلوبة (بمقدار 3434 سنة من 365 يوماً).

وربما صدر عن الزرقالي أيضاً مبدأ نموذج كوبرنيكوس الذي يمثل التغيرين المتزامنين للمبادرة ولميل فلك البروج. فقد تسنى للزرقالي، في الواقع، أن يجعل هذين التغيرين مستقلين بعضهما عن بعض باستخدامه من جهة لفلك تدوير موضوع حول الاعتدال، وذلك بهدف تغيير المبادرة (وفقاً لطريقة *De motu*)، وباستخدامه من جهة أخرى لفلك تدوير قطبي (مركزه كان موضوعاً على دائرة بطلميوس متحدة المركز مع قطب فلك البروج) وذلك بهدف تغيير ميل فلك البروج[(٣٧)]. وقد تم فيما بعد تعميم طريقة أفلاك

---

(٣٦) حول النظرية الشمسية لابن الزرقالي، وانتقالها إلى الغرب اللاتيني، انظر:
G. J. Toomer, «The Solar Theory of az-Zarqāl: A History of Errors,» *Centaurus*, vol. 14, no. 1 (1969), pp. 306 - 336.

(٣٧) انظر: Bernard Raphael Goldstein, «On the Theory of Trepidation According to Thābit b. Qurra and al-Zarqāllu and Its Implications for Homocentric Planetary Theory,» *Centaurus*, vol. 10 (1964), pp. 232 - 247, and Nūr al-Din Abū Isḥāk al-Bitrūjī, *On the Principles of Astronomy*, an edition of the arabic and hebrew versions with translation, analysis, and an arabic - hebrew - english glossary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 7, 2 vols. (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1971).

التدوير القطبية على يد البطروجي، الذي استخدمها في معالجة جميع حركات الكواكب، لكن هذه الطريقة تؤدي إلى نتيجة سيئة تتمثل في تعلق خط العرض بخط الطول (وبشكل أكثر دقة بحصة الكوكب). يأخذ كوبرنيكوس بدوره طريقة أفلاك التدوير القطبية كجزء من حل مركب، يمكن اعتماده نظراً لأن تغير المبادرة وتغير فلك البروج يمكن معالجتهما كتذبذبين متعامدين لمحور خط الاستواء السماوي. يتعلق الأمر عندئذ بإسناد دائرة قطبية صغيرة بقطر ملائم إلى كل واحد من هذين التغيرين، وبجعل محور الأرض يتحرك على قطري هاتين الدائرتين بحركتي تذبذب، وبضم مجموع هذين التذبذبين بحيث يحدثان في مستويين عموديين وفي الدورات المطلوبة. إن العملية التقنية، التي استخدمها كوبرنيكوس للحصول على كل واحد من هذين التذبذبين، قد عرضها نصير الدين الطوسي (١٢٠١ ـ ١٢٧٤م) في مؤلفه الكبير **التذكرة في علم الهيئة**، لذلك سماها البحاثة المعاصرون «مزدوجة الطوسي». وبذلك فإن هذه العملية، التي استخدمها الطوسي في نظرية الكواكب، تقودنا إلى المجموعة الثانية من المسائل المتعلقة بالتأثير العربي على علم الفلك الكوبرنيكي.

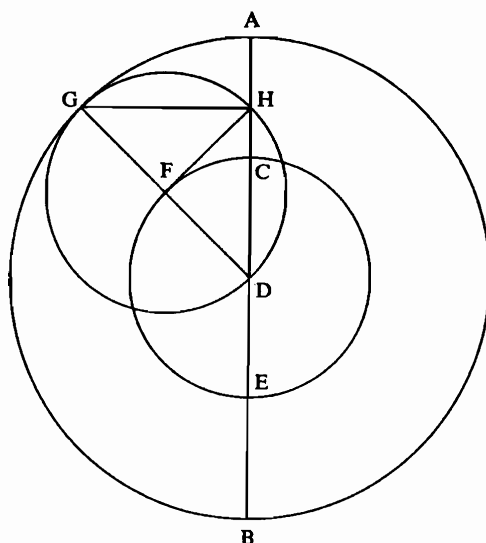
في هذه المجموعة من المسائل، لا يتعلق الأمر بالخاصة الكوكبية الثانية التي ترتبط بنظرية شمسية المركز التي تبررها، بل بالخاصة الأولى التي تم شرحها في النظرية البطلمية بواسطة حركة منتظمة لدائرة بطلميوس مختلفة المركز حول نقطة لا تمثل مركزها الخاص، بل مركز اعتدال المسير. وقد لقيت مثل هذه الحركة نقداً حاداً، بصفتها مخالفة لمبادىء الفيزياء نفسها، من قبل ابن الهيثم، ثم من قبل فلكيين مرتبطين بمرصد مراغة (الذي شيده هولاكو في العام ١٢٥٩م) مثل نصير الدين الطوسي ومؤيد الدين العرضي (المتوفى في العام ١٢٦٦م) وقطب الدين الشيرازي (١٢٣٦ ـ ١٣١١م)، وكذلك من قبل الفلكي الدمشقي ابن الشاطر (١٣٠٤ ـ ١٣٧٥م)[(٣٨)]. وقد استخدم هؤلاء الفلكيون، بهدف تجنب هذه الصعوبة، طريقة تتمثل في تحليل الحركة حول مركز اعتدال المسير إلى مركبتين أو أكثر، وتمثل هذه المركبات حركات دائرية وتضبط اتجاه ومسافة مركز فلك التدوير، بحيث يكون هذا المركز قريباً إلى أقصى حد ممكن من الموقع الذي يمكن أن يأخذه في نموذج بطلميوس. وقد استخدم الفلكيون الشرقيون لهذه الغاية عمليتين تقنيتين، تتمثل الأولى في جمع أفلاك التدوير من أجل إحداث الأثر البطلمي لتنصيف الاختلاف المركزي، أما الثانية

---

(٣٨) من بين جميع هذه المصنفات حول هذا الجانب من علم الفلك العربي، لن نأخذ هنا سوى دراسات تتناول مباشرة مقارنة النماذج العربية مع نماذج كوبرنيكوس. انظر: Edward Stewart Kennedy: «Late Medieval Planetary Theory,» *Isis,* vol. 57, no. 189 (Fall 1966), pp. 365 - 378, and Victor Roberts, «The Planetary Theory of Ibn al-Shāṭir,» *Isis,* vol. 50, no. 161 (September 1959), pp. 227 - 235, and Willy Hartner, «Trepidation and Planetary Theories: Common Features in Late Islamic and Early Renaissance Astronomie,» *Accad. Naz. dei Lincei, Fondazione Alessandro Volta, Atti dei Convegni,* vol. 13 (1971), pp. 606 - 629.

فتتمثل في «مزدوجة الطوسي». يسمح هذا المخطط بالحصول على حركة مستقيمة انطلاقاً من حركات دائرية بالطريقة التالية (الشكل رقم (٥ ـ ٢)): إذا كانت دائرتان متساويتان تدوران حول محوريهما الخاصين D وF، بحيث ان الدائرة التي مركزها F تدور باتجاه معاكس لدوران الدائرة التي مركزها D، وأسرع منها بمرتين، فإن النقطة H (حيث $\widehat{GFH} = -2\widehat{CDF}$) من محيط الدائرة التي مركزها F ترسم بحركة تذبذب (أو اهتزاز بتعبير كوبرنيكوس) قطر AB الدائرة الكبرى (التي مركزها D وشعاعها يساوي ضعفي شعاع كل من الدائرتين الصغيرتين). إذا كان المخطط موجوداً في مستوٍ، فإنه ينتج تذبذباً مستقيماً للنقطة H. وإذا كان على كرة، فإن القطر AB، الذي ترسمه النقطة H، يكون قوساً من الدائرة الكبرى (شريطة أن يكون التذبذب خفيفاً).

استخدم كوبرنيكوس هاتين العمليتين التقنيتين، «مزدوجة الطوسي» وجمع أفلاك التدوير. والأولى، كما رأينا، تم استخدامها لكي تحلل في آن معاً تباين المبادرة وتغير ميل فلك البروج. ولا يتصرف كوبرنيكوس بمخطط واحد فقط مأخوذ من الطوسي، بل باثنين، بحيث يكون القطران، اللذان يرسمهما التذبذبان الناتجان، في مستويين متعامدين، وبحيث يتقاطعان في القطب الشمالي المتوسط لخط الاستواء (وبالطبع، يتم اختيار شعاعي الدائرتين وسرعتي الدوران بحيث تملك الحركتان التذبذبيتان السعة والدورية المطلوبة). ويستخدم كوبرنيكوس كذلك مخطط الطوسي، مثلما فعل مؤلف **التذكرة** نفسه، بهدف تحليل تذبذبات المستويات المدارية في نظرية خطوط العرض.



الشكل رقم (٥ ـ ٢)

دورة كوبرنيكوس.

وأكثر ما يثير الدهشة أيضاً، هو أن كوبرنيكوس وابن الشاطر (في مؤلفه **نهاية السول في تصحيح الأصول**) قد استخدما بشكل مماثل العملية الثانية، أي جمع أفلاك التدوير بهدف تمثيل حركات الكواكب بخطوط الطول، مع تجنب الصعوبات المرتبطة بوجود اعتدال المسير البطلمي. وهكذا، فإن جميع نماذج الكواكب الواردة في *Commentariolus* هي مماثلة، فيما يتعلق بالخاصة الأولى، لنماذج ابن الشاطر، التي يتم فيها استبدال الجمع بين دائرة بطلميوس وبين فلكي التدوير بحركة دائرة بطلميوس بالنسبة إلى مركز اعتدال المسير. والفارق الوحيد بين هذين الكاتبين يكمن في قيم الوسائط، وبالطبع في واقع أن الأرض تمثل مركز نماذج الكواكب عند ابن الشاطر، في حين أن الشمس هي التي تلعب هذا الدور عند كوبرنيكوس. هناك تشابه آخر يقرب ما بين نماذج كوبرنيكوس وابن الشاطر، فالاثنان يضعان «مزدوجة الطوسي» في طرف شعاع دائرة بطلميوس الخاصة بعطارد، بطريقة تسمح بتغيير مقدار شعاع فلك هذا الكوكب، ويتم ذلك بإلزام مركز فلك التدوير الأول بحركة تذبذب وفق خط موجه بشكل دائم نحو مركز دائرة بطلميوس. هناك تماثل أخير، فنموذج القمر في *Commentariolus* وفي *De revolutionibus*، هو نفسه نموذج ابن الشاطر، باستثناء ما يتعلق بالوسائط.

توحي هذه الأوجه العديدة من التشابه أن كوبرنيكوس قد تأثر بالفلكيين الشرقيين من القرنين الثالث عشر والرابع عشر للميلاد. صحيح أننا لا نعرف أية ترجمة لاتينية لأعمالهم، وحتى أي ذكر لهم في المصنفات اللاتينية العائدة إلى نهاية القرون الوسطى. لكن، يبدو أن انتقال بعض هذه النصوص العربية إلى الغرب اللاتيني قد تسنى بواسطة مصادر بيزنطية وصلت إلى إيطاليا في القرن الخامس عشر. وهكذا، تم العثور على النموذج القمري العائد للطوسي وعلى رسم يمثل «مزدوجة الطوسي» في مخطوطة (محفوظة في الفاتيكان منذ العام ١٤٧٥م على أبعد تقدير) لترجمة يونانية، وضعها حوالى العام ١٣٠٠م شيونيادس (Chioniades) عن أصل عربي، كما أن هناك دليلاً آخر على استخدام «مزدوجة الطوسي» يتمثل في مؤلف جيوڤاني باتيستا أميكو (Giovanni Battista Amico) وعنوانه *De motibus corporum coelestium iuxta principia peripatetica sine excentricis et epicyclis*. وقد ظهر هذا المؤلف في البندقية في العام ١٥٣٦م، وفيه يبذل الكاتب جهده من أجل إعادة الحياة إلى علم الفلك متحد المركز بمساعدة نماذج مبنية جميعها على استخدام هذه العملية[٣٩].

---

(٣٩) هذان الاسنادان مستعاران من: Swerdlow and Neugebauer, *Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus*, pp. 47 - 48.

حول أميكو، انظر: Noël M. Swerdlow, «Aristotelian Planetary Theory in the Renaissance: Giovanni Battista Amico's Homocentric Spheres,» *Journal for the History of Astronomy*, vol. 3 (1972), pp. 36 - 48.

نهاية تأثير علم الفلك العربي في الغرب اللاتيني

حدد كوبرنيكوس نهاية المرحلة الطويلة من تأثير علم الفلك العربي في الغرب اللاتيني. وقد كان آخر من استخدم بشكل ثابت نتائج أرصاد تمت استعارتها من الكتّاب العرب، وهي نتائج أفادته في إعداد تقديراته للتغيرات طويلة الأمد في الوسائط الشمسية. ولقد كان أيضاً آخر من حزم أمره لمصلحة الموضوعة الناشئة عن *De motu octavae spherae*، التي تتمثل في التعامل بجدية مع مجموع أرصاد الماضي بهدف استخلاص قوانين الحركة، عوضاً عن الاستدلال من أرصاد حديثة بهدف نقض النظريات التي وجدت سابقاً. إذا أخذنا مرة أخرى تقسيم كبلر لعلم الفلك النظري إلى ثلاثة أجزاء، فإننا نتبين أن الأرصاد، التي أجراها تيكو براهي بعد كوبرنيكوس بفترة قصيرة من الزمن، ستجعل بفضل دقتها وغزارتها كل إسناد إلى تاريخ الأرصاد القديمة غير مجدٍ. أما فيما يتعلق بالنماذج الهندسية البطلمية، وبأشكالها المختلفة العربية أو اللاتينية، فإن كبلر يضع نهاية لها. ولم تبق سوى متطلبات التحليل الفيزيائي للظواهر، التي كان ابن الهيثم قد بذل جهده لتلبيتها، كما فعل ذلك من بعده فلكيو القرن الثالث عشر والرابع عشر للميلاد. غير أن هذه المتطلبات، وبعد أن نقض تيكو براهي وجود الكرات المجسمة، لن ترتبط وفقاً لكبلر برؤية أرسطية للعالم، بل سترتبط على الأصح برؤية مستوحاة من تقليد رياضي أفلاطوني.

ـ ٦ ـ
الجغرافيا الرياضية

إدوار س. كينيدي(*)

إن المؤرخ للعلوم الصحيحة في البلاد الإسلامية يجد نفسه غالباً في حالة من الارتباك بسبب غنى المصادر الموضوعة بين يديه، وذلك أن مئات من المصادر المخطوطة لم تلق حتى الآن أي نوع من الدراسة. وهذه هي الحال، كما يبدو، بالنسبة إلى الجغرافيا الوصفية. يجد القارىء توضيحات حول هذا الموضوع في دراسات س. مقبول أحمد[١]. غير أن المتفحص لفرع هذا العلم الذي تستخدم فيه الرياضيات، يشعر بالإحباط بسبب قلة المخطوطات التي تخص هذا الفرع. فنحن نعرف مثلاً، من مصدر موثوق[٢]، أن ابن يونس (حوالى سنة ١٠٠٠ ميلادية) قد أنجز خريطة للعالم للخليفة العزيز. ولكن ليس لدينا معلومات دقيقة عن طريقة الإسقاط، ومعلوماتنا عن الخريطة نفسها أقل من معلوماتنا عن الإسقاط.

ويمكن أن نعتبر أن المعلومات الموجودة تحت تصرفنا تخص علم مساحة الأرض والخرائطية. إن الدراسة التالية تنتظم حول هذين الموضوعين الرئيسين. إن مسألة تحديد

(*) أستاذ في الجامعة الأميركية في بيروت.

قام بترجمة هذا الفصل بدوي المبسوط.

يقدم المؤلف شكره للأستاذ فوات سِزجين (Fuat Sezgin) على الضيافة التي لقيها في مؤسسة فرانكفورت للدراسات العربية الإسلامية. ويشكر كذلك رينهارد زيبر (Reinhard Xieber) الذي لفت نظره إلى بعض الأخطاء والسهوات.

(١) انظر: «Djughrāfiyā,» pp. 590 - 602, et «Kharīta,» pp. 1109 - 1114, dans: *Encyclopédie de l'Islam,* 6 vols. parus, 2ème éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960-).

(٢) انظر: إبراهيم شوكت، «خرائط جغرافيي العرب الأوَل،» **مجلة الأستاذ** (بغداد)، السنة ٢ (١٩٦٢)، ص ١٢.

خطوط العرض تؤدي، فيما يخص الموضوع الأول، إلى دراسة مساحة الأرض، ثم إلى حساب خطوط الطول. وهذا يوجب تحديد خط الزوال الأولي الذي تحسب الأطوال انطلاقاً منه. وينتهي هذا القسم الأول بإشارة إلى النتائج النهائية للعمليات السابقة، أي إلى جداول أسماء الأمكنة مع إحداثياتها.

أما القسم الثاني من هذه الدراسة فهو مكرس للخرائطية. غير أن فقدان المعلومات الدقيقة، كما أشرنا أعلاه، يمنع بشكل حقيقي من تقييم درجة توغل الجغرافية الهلينستية في العالم الإسلامي. وسنرى فيما بعد أن البيروني والإدريسي يوجدان في وضعين متعاكسين: **فالأول** يعرض الإسقاطات بشكل مقبول، ولكن لا نجد أي تطبيق لها على خرائط حقيقية حتى عصر النهضة أو ما بعد عصر النهضة. **أما الثاني** فقد حفظت له نسخات عديدة من الخرائط، ولكن طرق الإسقاط التي اتبعها تبقى حدسية إلى حد كبير، وسنعرض الخرائط المرسومة من قبل علماء آخرين، ولكننا لن نحاول تحليل الخرائط البحرية العربية.

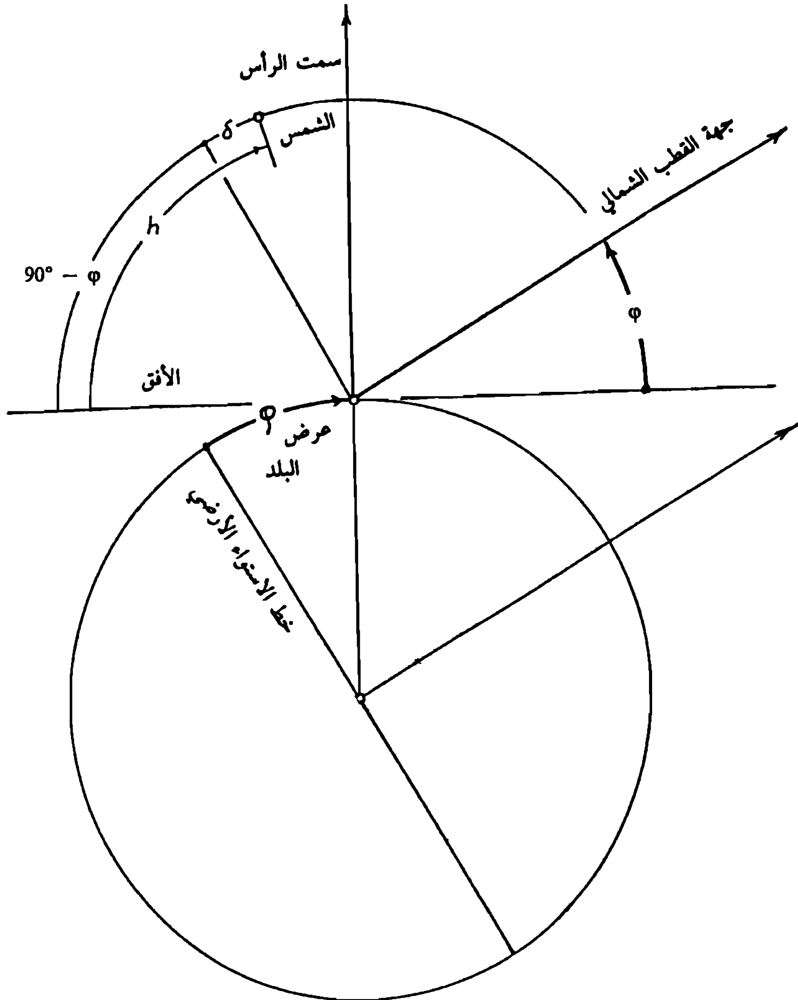
أولاً: علم مساحة الأرض (الجيوديزية)

١ ـ تحديد خطوط العرض

يمكن أن نحدد بسهولة العرض φ لمكان ما بواسطة طرق فلكية. وذلك لأن هذا العرض مساوٍ لارتفاع القطب السماوي في المكان (انظر الشكل رقم (٦ ـ ١)). ليكن h ارتفاع الشمس الزوالي (أي ارتفاع الشمس عند مرورها فوق خط زوال مكان الراصد) في مكان الراصد في يوم معين. فإذا حسب الراصد ميل الشمس δ في لحظة الرصد، نستنتج المعادلة التالية التي تتحقق في مناطق الكرة الشمالية:

$$\varphi = 90° - (h - \delta),$$

وذلك لأن ارتفاع نقطة الأوج في دائرة الاستواء السماوي مساوٍ لتمام ارتفاع القطب الشمالي. ويمكن أيضاً أن نرصد ليلاً الارتفاع الزوالي لنجمة معينة. فإذا كنا نعرف مقدار ميلها، نطبق الصيغة السابقة لنحصل على ارتفاع المكان. يستطيع الراصد أن يحصل أيضاً على ارتفاع المكان إذا حدد ارتفاعي نجمة واقعة حول أحد القطبين عند مرورها في كل من النقطتين الواقعتين على زوال المكان. عندئذ يكون ارتفاع المكان مساوياً للوسط الحسابي للارتفاعين السابقين.



الشكل رقم (٦ ـ ١)

ارتفاع نقطة الأوج في دائرة الاستواء السماوي يساوي تمام ارتفاع القطب الشمالي (وارتفاع القطب الشماليّ يساوي عرض البلد).

وقد أعطى البيروني (حوالى سنة ١٠١٠م)، في كتابه **التحديد**(٣)، أمثلة مفصلة عن هذه الطرق مأخوذة من وثائق لأسلافه ولمعاصريه.

قد يظن المرء، نظراً لسهولة تحديد خطوط الطول، أن القيم التي وصلتنا صحيحة بشكل كافٍ. ولكن من بين الأمكنة التي أعطى الكاشي إحداثياتها (حوالى سنة ١٤٠٠م)، وعددها ٥٠٦، هناك ٣٨١ مكاناً إحداثياتها مطابقة للإحداثيات الحديثة. إن معدل الفروق بين قيم الارتفاعات التي أعطاها الكاشي والقيم الحديثة، يساوي أربع دقائق فقط من درجات الأقواس. إلا أن معدل القيم المطلقة لنفس مجموعة الفروق هو $1^\circ\ 15'$. وهذا ما يفتقر إلى الجودة. ولقد قمنا بحسابات إحصائية على خمسين مصدراً، فظهر أن النتائج التي أعطتها هذه المصادر معادلة من حيث الجودة لتلك التي وجدها الكاشي. ولكي نخفف من وطأة هذا النقد، يجب أن نذكر بأنه لم يكن باستطاعة المؤلفين التحقق بأنفسهم من قيم الارتفاعات، ما عدا عدداً قليلاً منها. وكانوا مضطرين إلى التسليم بالحسابات التي كانت تعطى لهم. بالإضافة إلى ذلك، هناك مدن عديدة لم تحظ على الأرجح بفلكيين أكفاء. غير أن النتائج المسجلة تعطي كثيراً من الارتفاعات التي لا تتعدى الأخطاء في قيمها ربع الدرجة.

٢ ـ أبعاد الأرض

حان الوقت، بعد ما تقدم، للكلام عن أبعاد الأرض. وذلك لأن الطريقة الأكثر شيوعاً خلال القرون الوسطى، لتحديد طول درجة على خط الزوال الأرضي، تستند على تحديد خطوط الطول.

لقد نظم الخليفة المأمون (الذي حكم من سنة ٨١٣ إلى سنة ٨٣٣م) عدة حملات لتحقيق هذا الغرض. ولئن اختلفت المصادر حول التفاصيل، فإنها متفقة حول الطريقة المستخدمة(٤). وتنص هذه الطريقة، في أول الأمر، على اختيار منطقة مسطحة في البادية السورية، ثم على رصد الزاوية φ انطلاقاً من نقطة أولية معينة. يتوجه الراصدون بعد ذلك نحو الشمال أو نحو الجنوب، ويقيسون المسافة المقطوعة. ويتابعون هذه العملية إلى أن يصلوا إلى مكان تكون فيه قيمة φ مساوية لقيمتها الأولية بعد زيادة أو إنقاص درجة واحدة من هذه الأخيرة. عندئذٍ تكون المسافة المقطوعة مساوية لطول درجة على خط الزوال.

---

(٣) انظر: Edward Stewart Kennedy, *A Commentary upon Bīrūnī's Kitāb Taḥdīd al-Amākin: An 11th Century Treatise on Mathematical Geography* (Beirut: American University of Beirut, 1973), pp. 16 - 31.

(٤) انظر: S. H. Barani, «Muslim Researches in Geodesy,» in: *Al-Bīrūnī Commemoration Volume* (Calcutta: Iran Society, 1951), pp. 1 - 52.

يبدو أنه كان من الأفضل، من الناحية التطبيقية، أن يتم اجتياز أية مسافة، على أن تكون أطول مسافة ممكنة، وأن تقسم قيمة هذه المسافة بالفرق $\Delta\varphi$ بين قيمتي φ، فيتم الحصول على طول درجة على خط الزوال. وذلك لأن الحصول على $\Delta\varphi = 1°$ يفترض التوقف عدة مرات متتالية للحصول على هذا الفرق الصحيح المطلوب. وربما كان الرُّصاد يتبعون هذا النهج المعقول.

وهكذا تم الحصول على 56 فرسخاً وثلثي الفرسخ للدرجة الواحدة. وقد استخدمت هذه القيمة، بشكل عام، من قبل الباحثين اللاحقين، كالبيروني(٥) والطوسي(٦) مثلاً. وقد ذكرت قيم أخرى في المصادر التاريخية ولكنها قريبة جداً من هذه القيمة الأصلية. وإذا ضربنا هذه القيمة بـ $360/\pi$ نحصل على قيمة قطر الأرض.

وإذا تساءلنا عن دقة هذه القيمة، نصل إلى مسألة قياس صعبة الحل، وربما كانت غير قابلة للحل. وهي مسألة التحويل بين الوحدات في القرون الوسطى والوحدات الحديثة. وقد درست هذه المسألة درساً كاملاً من قبل نالّينو (Nallino)(٧) الذي استنتج أن 56 فرسخاً وثلثي الفرسخ تساوي 111.8 كلم للدرجة الواحدة، وهذه القيمة قريبة بشكل مدهش من القيمة الصحيحة وهي 111.3 كلم. إنها كذلك بفضل صدفة سعيدة على الأرجح، إذ إن نالّينو قد أعطى قيماً أخرى لتسعة علماء آخرين تتراوح بين 104.7 و133.3. وهذا ما يظهر جودة القيمة المحددة في عهد المأمون.

٣ ـ خطوط الزوال الأساسية

يمكننا أن نقسم الجداول الجغرافية المعروضة أدناه إلى فئتين تبعاً لخط الزوال الصفري (الأولي) الذي تم الاستناد إليه في الجدول. كان بطلميوس (حوالى ١٥٠ سنة قبل الميلاد)،

---

(٥) انظر مثلاً: Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, *Taḥdīd al-amakin,* édition critique par P. G. Bulgakov (Le Caire: Majallat al-Makhtūtāt al-'Arabiyya, 1962); english translation: *The Determination of the Coordinates of Positions for the Correction of Distances between Cities,* a translation from the arabic of al-Bīrūnī's *Kitāb Taḥdīd al-amākin litashīh masāfāt al-masākin* by Jamil Ali, Contennial Publications/American University of Beirut (Beirut: American University of Beirut, 1967).

(٦) انظر: Edward Stewart Kennedy, «Two Persian Astronomical Treatises by Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī,» *Centaurus,* vol. 27 (1948), p. 115.

(٧) انظر: Carlo Alfonso Nallino, «Il valore metrico del grado di meridiano secondo i geografi arabi,» *Cosmos di Guido Cora,* vol. 11 (1892 - 1893), pp. 20 - 27, reprinted in: Carlo Alfonso Nallino, *Raccolta di scritti editi e inediti,* a cura di Maria Nallino, Publicazione dell' Instituto per l'Oriente, 6 vols. (Roma: Instituto per l'Oriente, 1939 - 1948), vol. 5.

أبو الجغرافيا الرياضية، يقيس الأطوال، باتجاه الشرق، انطلاقاً من «الجزر الخالدات»، أي جزر الكناري كما تسمى اليوم. ولقد تبعه بذلك نصف المصادر الإسلامية. وسنرمز فيما بعد إلى هذه المجموعة من المصادر، بالمجموعة C، طلباً للتسهيل. أما المجموعة الثانية من المصادر الإسلامية التي سنسميها المجموعة A، فقد تبعت الخوارزمي (حوالى سنة ٨٢٠) باختياره خط الزوال الصفري الذي يمر بـ «ساحل بحر المحيط الغربي». وذلك يعني، تبعاً لما ورد في المؤلفات، أن خط الزوال A يوجد على مسافة عشر درجات شرق خط الزوال C[٨].

ونحن لا نعرف جيداً كيف ظهر هذا الانقسام. لقد بين نالّينو[٩] أنه لم يكن في نية الخوارزمي أن يغير نقطة الزوال الصفري. ولكن لسبب ما، قرر علماء فلك المأمون أن العاصمة العباسية بغداد تقع على خط الطول المحدد بـ 70°. غير أنه ينبغي وضع بغداد على الخريطة، وفقاً لجغرافية بطلميوس[١٠]، على خط يقرب طوله من 80°. وهذه القيمة الأخيرة هي المعطاة في أكثر من نصف المصادر الإسلامية. ويجب الربط، على الأرجح، بين هذه الواقعة والفكرة، التي سنعرضها لاحقاً، والتي تقول إن «قبة الأرض»، كما يتصورها الشرقيون، توجد على طول $13\frac{1}{2}^{\circ}$ شرق «قبة الأرض»، كما تصورها بطلميوس. وذلك أن $13\frac{1}{2}^{\circ}$ ليست مختلفة كثيراً عن 10°. وقد أعطى البيروني بوضوح فرقاً مساوياً لعشر درجات[١١].

لقد أصلح الخوارزمي بمقدار عشر درجات، القيمة المبالغ فيها التي أعطاها بطلميوس لطول البحر الأبيض المتوسط. ولكن لا علاقة لهذه القضية بمسألة خط الزوال الأساسي.

وعلى كل حال، فإن وجود الفئتين A وC أمر واقع. وإن الفرق، بين طولي نفس المدينة في جداول المجموعتين يقترب بالضبط من عشر درجات. بالإضافة إلى ذلك، لقد حسبنا

(٨) Al-Bīrūnī, *Taḥdīd al-amākin*, p. 121.

(٩) انظر: Carlo Alfonso Nallino, «Al-Khwārizmī e il suo rifacimento della Geografia di Tolemeo,» *Mem. d. R. Accad. dei Lincei*, ser. 5, vol. 2, part 1,
أعيد طبعه في: Nallino, *Raccolta di scritti editi e inediti*, vol. 5, p. 490.

(١٠) Claudius Ptolemaues, *L'Almageste*: édition du texte grec par J. L. Heiberg (Leipzig: Teubner, 1898 - 1903); traduction française par N. Halma (Paris: [s. n.], 1813 - 1816), réimprimé (Paris: Hermann, 1927); traduction anglaise: Ptolemy, *Ptolemy's Almagest*, translated and annotated by G. J. Toomer (New York: Springer - Verlag, 1984), et édition et traduction allemande de deux versions arabes du catalogue d'étoiles: Claudius Ptolemäus, *Der Sternkatalog des Almagest, Die Arabisch - mittelalterliche Tradition, I, Die Arabischen Übersetzungen*, édition et traduction de Paul Kunitzsch (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1986).

(١١) انظر: Al-Bīrūnī, *Taḥdīd al-amākin*, pp. 120 - 121.

الفرق المتوسط بين الأطوال في القرون الوسطى والأطوال الحديثة للأمكنة التي نعرف أطوالها الحديثة (حسب خط غرينتش)، فوجدنا أن التباعد ضخم بين القيم الوسطى الخاصة بكل مصدر مأخوذ على حدة. ولكن القيم الوسطى في المجموعة A تتجمع حول 24°، أما في المجموعة C فهي قريبة من 34°[١٢].

وهناك مصدر ثالث يعطي الأطوال مقاسة انطلاقاً من خط زوال أساسي ثالث. فقد أثبت الحمداني (المتوفى سنة ٩٤٦م)[١٣] أن «أهل المشرق»، الهنود والذين جروا على تقليدهم، كانوا يقيسون الأطوال باتجاه الغرب انطلاقاً من الساحل الشرقي للصين. وكان من المسلم به عامة أن القسم المسكون من الأرض هو سطح نصف الكرة المحدد بدائرة كبرى تمر بالقطبين. أما المركز الجغرافي لهذا القسم المسكون والمسمى «قبة الأرض»، فهو نقطة موجودة على خط الاستواء. وهذه النقطة هي قطب الدائرة الحدية لنصف الكرة المسكونة. ويقول الحمداني إن أهل المشرق يضعون موقع «قبة الأرض» على 90° غرب خط الزوال الأساسي. والمفروض، بلا شك، أن هذه القبة موجودة، كما يشير إلى ذلك كتاب **السندهند** (أو **السيدهنتا** حسب اللغة السنسكريتية)، على خط الزوال الذي يمر بمدينة أُزَّين (Uzain) التي لعبت دور «غرينتش» بالنسبة إلى علم الفلك عند الهنود الأقدمين. ولكن هذا الاسم قد حُرِّف في المصادر العربية، إذ أُهملت النقطة على الحرف ز، فأصبح «أُرِّين». وهكذا وردت تلك القبة تحت اسم «قبة أُرِّين». وقد قرر الحمداني أن قبة بطلميوس تقع، باحتمال كبير، على 90° شرق خط زوال بطلميوس الأساسي. وبذلك لا تتطابق القبتان، بل إن القبة الهندية تقع على 13° ونصف الدرجة شرق قبة بطلميوس. لنرمز إلى الأطوال المقاسة باتجاه الشرق بـ λ_E، وإلى تلك المقاسة باتجاه الغرب بـ λ_W. عندئذ تكون معنا العلاقة التالية بين الطول الهندي وطول بطلميوس الخاصين بمكان معين:

$$\lambda_E + \lambda_W = 90° + 13\frac{1°}{2} + 90° \doteq 193\frac{1°}{2}$$

أعطى الحمداني الإحداثيات الهندية لاثنتين وعشرين مدينة، منها القدس ودمشق، ويقع أغلبها في شبه الجزيرة العربية. لقد وردت في هذه المجموعة أسماء ثلاث مدن لم ترد في الجداول الأخرى، لأسماء الأمكنة وإحداثياتها، التي ألفها المسلمون. ولكن أطوال تسع مدن من بين المدن التسع عشرة الباقية تحقق العلاقة السابقة أعلاه باختلاف لا يزيد عن الدرجة الواحدة، وذلك في أكبر عدد من مصادر المجموعة C (أي مجموعة بطلميوس).

---

(١٢) انظر: Edward Stewart Kennedy and M. H. Regier, «Prime Meridians in Medieval Islamic Astronomy,» *Vistas in Astronomy*, vol. 28 (1985), pp. 29 - 32.

(١٣) انظر: D. H. Müller, *Al-Hamdānī's Geographie der Arabischen Halbinsel* (Leiden: [n. pb.], 1884), pp. 27 and 45.

وقد تكلم هونيغمان (Honigmann)(١٤) عن «نظام فارسي» تقاس فيه الأطوال باتجاه الغرب انطلاقاً من خط زوال أولي يمر بشرق آسيا الأقصى. وهو يشير بذلك، دون شك، إلى «خط زوال الشرقيين» الذي ذكره الحمداني. وذلك أن الحمداني ينسب بعض الإحداثيات إلى الفزاري (حوالى سنة ٧٦٠م) وبعضها الآخر إلى حبش الحاسب (حوالى سنة ٨٥٠م). وقد تأثر هذان الرجلان بعلم فلك إيران الساسانية، بنفس قدر تأثرهما بعلم فلك الهند.

أما البيروني(١٥)، فقد فرض أن خط الزوال الأساسي هو ذلك الذي يمر في القبة نفسها، وذلك في مجموعة صغيرة من الجداول أصبحت مفقودة.

ويوجد مصدر، ضمن (MS Utr. Or. 23 de Leyde)، ينفرد بقياس الأطوال انطلاقاً من مدينة البصرة التي هي دون شك مدينة المؤلف المجهول. ولكن هذا الأخير كتب في رأس العمود المخصص للأطوال، عبارة «الاختلاف في الأطوال»، بدلاً من «الأطوال» كما هي العادة. وهذا ما يدل على أنه لم يعتبر خط زوال البصرة كخط أساسي للزوال.

٤ ـ تحديد الأطوال

إن تحديد طول مكان معين، بعد أن يتم اختيار خط الزوال الأساسي، يؤول إلى تحديد الفرق بين طول هذا المكان وطول معروف لمكان آخر. إن تحديد الطول أسهل نظرياً من تحديد العرض. وذلك بفضل دوران الأرض التي تدور بزاوية قدرها 360° في مدة ٢٤ ساعة. وهذا ما يجعل الفرق في الطول لمكانين معينين متناسباً مع الفرق بين الوقتين المحليين المتوسطين للمكانين.

ولكننا بحاجة، من الناحية العملية، إلى إشارة زمنية صالحة في المكانين في آن واحد. وهذه القضية لم تكن سهلة الحل، من دون الراديو، في القرون الوسطى.

يمكن لكسوف القمر أن يعطي مثل هذه الإشارة، لأن أوجه القمر تظهر متشابهة في كل نقطة من الأرض يُرى منها القمر. لنفرض وجود راصدين في مكانين تمكن منهما رؤية القمر. يمكن لكل منهما أن يحدد الأوقات المحلية لبداية الكسوف ولنهايته وللتغطية القصوى أو الكاملة للقمر. ولقد تحدث البيروني(١٦) عن مثيلة لهذه العملية المزدوجة للرصد، جرت بينه وبين أبي الوفاء البوزجاني الذي كان موجوداً في بغداد، في حين كان

---

(١٤) انظر: Ernst Honigmann, *Die sieben Klimata* (Heidelberg: C. Winter's Universitätsbuchhandlung, 1929), pp. 132 - 155.

(١٥) انظر: Kennedy, *A Commentary upon Bīrūnī's Kitāb Taḥdīd al-Amākin: An 11th Century Treatise on Mathematical Geography*, p. 126.

(١٦) المصدر نفسه، ص ١٦٤.

هو في كاث (Kâth) (في آسيا الوسطى). غير أن هناك صعوبة ناتجة عن عدم إمكانية التمييز بوضوح بين أوجه القمر في حالة الكسوف، خلافاً لما يحدث في حالة كسوف الشمس.

وقد استفاد البيروني أيضاً إلى حد بعيد، في كتابه **التحديد**(١٧)، من طريقة جيوديزية لحساب الفروق في الأطوال. لنفرض أننا نعرف عرض كل من مكانين ونعرف المسافة الفاصلة بينهما على الدائرة الكبيرة. يمر في كل من النقطتين خط طول وخط عرض. تتقاطع هذه الدوائر الأربعة في أربع نقط تشكل مربعاً منحرفاً متساوي الساقين. يطبق البيروني على المربع المنحرف مبرهنة لبطلميوس تخص المربعات المنحرفة القابلة الارتسام على دائرة. فيستخلص العبارة التالية المدهشة(١٨):

$$\triangle\lambda = \text{arc crd} \sqrt{\frac{\text{crd}^2 \text{ AB} - \text{crd}^2 \triangle \phi}{\cos \phi\text{A} . \cos \phi\text{B}}} ,$$

حيث تدل $\triangle$ على الفرق، وتدل λ على الطول الأرضي. أما crd θ فتمثل طول وتر على الدائرة الواحدية، مقابل للزاوية المركزية θ، بينما تدلّ النقطتان A وB على المكانين المقصودين بالدراسة.

لقد حصل البيروني على قيم تقريبية للمسافات على الدائرة الكبيرة بعد ضرب كل طول من أطوال طرق القوافل المقدرة بالفراسخ، بمعاملٍ مناسبٍ ترتبط قيمته بدرجة صعوبة الطريق وبدرجة تعرجها. بعد ذلك حسب البيروني النتيجة بالأميال والدرجات. أما قيمة الفرق في الطول $\triangle\lambda$ بين بغداد وغزنة (الواقعة في أفغانستان الحالية)، عاصمة أستاذه، فقد حصل البيروني عليها بتطبيق صيغته المذكورة أعلاه عدة مرات. وذلك بين محطات الترحيل المارة بري وجورجانيا وبلخ. وبما أنه شك، بحق، بالنتيجة الحاصلة، فقد أجرى حسابات إضافية على طريق تمر، جنوب الطريق الأولى، بشيراز وزرنج. ثم أعاد الحسابات على طريق أخرى تمر ببوست. بعد ذلك أخذ المعدل الحسابي للنتائج الثلاث الحاصلة. إن الخطأ في النتيجة النهائية، ومقدارها 24 درجة، يساوي حوالى ثلث الدرجة. لذلك فهي نتيجة جيدة إذا أخذنا بعين الاعتبار القيم التقريبية للمعطيات الأولية.

نحن لا نعلم بوجود عالم جغرافي تبنى هذه الطريقة التي ابتكرها البيروني. لقد عرض الكاشي(١٩) طريقة جيوديزية بَعيدة كل البعد عن الدقة. إن قيم الأطوال التي وردت في النصوص، هي بشكل إجمالي أقل دقة بكثير من قيم العروض.

---

(١٧) انظر: المصدر نفسه، و Al-Bīrūnī, *Taḥdīd al-amākin.*

(١٨) Kennedy, Ibid., p. 152.

(١٩) انـظـر: Edward Stewart Kennedy, «Spherical Astronomy in Kāshī's Khāqānī Zīj,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften,* Bd. 2 (1985), pp. 1 - 46.

٥ ـ الجداول الجغرافية

تظهر مجموعة الجداول بأسماء الأمكنة وأطوالها وعروضها، أهمية وغزارة المعارف الجغرافية التي كانت متداولة في العالم الإسلامي خلال القرون الوسطى. ويمكن قسمة المصادر الخاصة بها إلى ثلاث فئات:

أ ـ الأزياج، وهي موجزات فلكية مخطوطة، أكثرها غير منشور، تحوي جداول جغرافية. وتسمح هذه الأخيرة لمن يستخدمها بجعل الأرصاد المنجزة في مكان ما، متلائمة مع الأرصاد المنجزة في أي مكان آخر واردٍ في الجدول.

ب ـ مجموعات المعلومات اللازمة لوضع الخرائط.

ج ـ أعمال جغرافية أكثر شمولية تتضمن إحداثيات الأماكن.

وقد تم حتى اليوم تسجيل معطيات أربعة وسبعين مصدراً على الآلات الحاسبة الإلكترونية. ويمكن لهذا العدد أن يزيد. وتختلف هذه المصادر في أحجامها، إذ يتراوح عدد الأمكنة المذكورة فيها من اثنين فقط الى أكثر من ستمئة مكان. وأغلب المدن التي تتضمنها هذه الجداول يقع في حوض البحر الأبيض المتوسط والشرق الأدنى وآسيا الوسطى. ويقع بعضها في أماكن متناثرة من أوروبا، وفي شمال إسبانيا وفي الهند والصين. ولقد نشرت هذه المجموعة سنة ١٩٨٧[٢٠].

ويمكن إثبات ترابط بعض مجموعات من هذه المصادر فيما بينها. ولكن لا نجد فيها مصدرين متطابقين. ومن ناحية أخرى، لا يوجد مصدر مستقل تماماً عن المصادر الأخرى.

ثانياً: الخرائطيــة

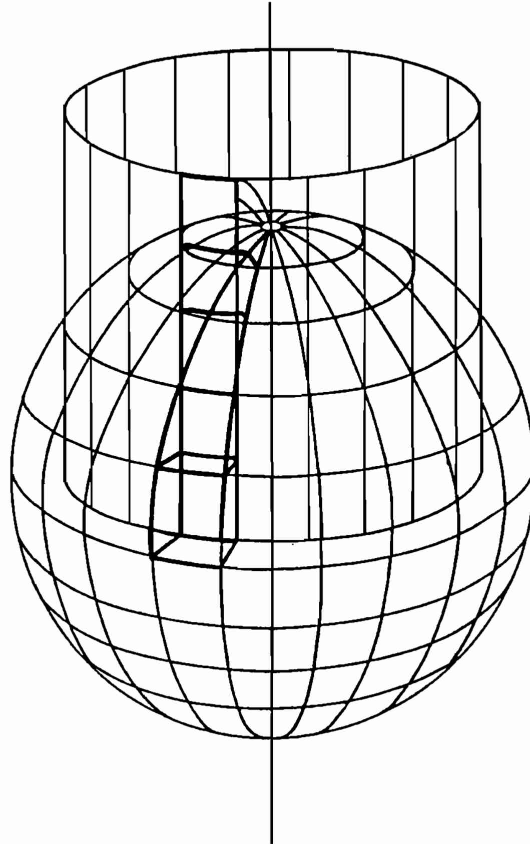
١ ـ الإرث الهلينستي

إن أول واضع خرائط أثّر على العالم الإسلامي هو مارينوس الصوري (Marinus de Tyr) (حوالى ١٠٠ سنة بعد الميلاد). يتكون نظام الإحداثيات في خريطة مارينوس للعالم من جماعتين من الخطوط المتوازية المتعامدة فيما بينها. وبما أن الكرة لا تتطابق مع مستوٍ، فكل خريطة لقسم من الأرض تتضمن إلتواءات. ولواضع الخرائط الخيار بين تمثيل مطابق (يحتفظ بالزوايا كما هي في الأصل) وبين تمثيل يحتفظ بالمساحات، أو بين تمثيل يحتفظ ببعض المسافات. ولكنه لا يستطيع الاحتفاظ بكل الوسائط. وقد احتفظ مارينوس في

---

(٢٠) انـظـر: Edward Stewart Kennedy and M. H. Kennedy, *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources* (Frankfurt, A.M.: Institut für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften, 1987).

خريطته بالمسافات على طول كل خط من خطوط الزوال وعلى طول خط العرض المار برودس ($\varphi = 36°$)[٢١]. وبما أن أطوال خطوط العرض تتناقص عندما تتزايد φ، فإن المسافات على خطوط العرض، في خريطة مارينوس، تتمدد شمال رودس وتتقلص جنوبها.



الشكل رقم (٦ ـ ٢)
نظام الاحداثيات في خريطة مارينوس.

أما بطلميوس فقد استخدم نوعين من الخرائط تتقارب فيها خطوط الزوال، بخلاف خطوط مارينوس للزوال التي هي متوازية ومرسومة على شكل أسطواني:

---

(٢١) انظر: Otto Neugebauer, «Mathematical Methods in Ancient Astronomy,» *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 54 (1948), pp. 1037 - 1039.

يُحتفظ، في النوع الأول لخرائط بطلميوس، بالمسافات على طول كل خط من خطوط الزوال. وهذا ما يعطي جماعة من الخطوط المستقيمة المتقاطعة. أما خطوط العرض فهي دوائر متحدة المراكز متعامدة على خطوط الطول التي تمر بالتالي بالمركز المشترك. ويتم اختيار النقطة الأخيرة بحيث: (١) تحفظ المسافات على طول خط العرض المار برودس، (٢) تحفظ نسبة المسافات على طول خط العرض المار بتولة (Thulé) ($\varphi = 63°$)، وعلى طول خط الاستواء ($\varphi = 0°$).

يتخذ بطلميوس، في النوع الثاني لخرائطه، الدوائر المتحدة المراكز كخطوط للعرض، ويختار من بينها الدوائر الثلاث ذات العروض بالدرجات: 63° و23;50°، و16;25°–، لتحفظ عليها المسافات. نتيجة لذلك لا يمكن لخطوط الطول أن تبقى خطوطاً مستقيمة، بل تصبح جماعة من الدوائر. وتحدد كل دائرة من هذه الدوائر بثلاث نقط يكون لها نفس الطول، وتقع على دوائر العرض الثلاث المذكورة أعلاه. وهكذا يحدث إفساد بسيط لحفظ المسافات على طول خطوط الزوال.

نلاحظ تطوراً تدريجياً في هذه الأنواع الثلاثة. ففي النوع الأول تكون جماعتا خطوط الإحداثيات مستقيمة ومتعامدة. أما في النوع الثاني، فإن إحدى جماعتي خطوط الإحداثيات دائرية. بينما تكون الجماعتان دائريتين، في النوع الثالث.

إن وجود خريطة العالم لبطلميوس، بشكل أو بآخر، تحت تصرف الجغرافيين في الإمبراطورية العباسية، شبه أكيد. فالمسعودي[٢٢] يدعي أنه شاهد عدة نسخات منها، وأن خريطة المأمون (الصورة المأمونية) قد فاقت بامتياز هذه النسخات. غير أننا لا نعرف بوجود نسخة غير مفقودة لخريطة العالم لبطلميوس مؤرخة في عهد العباسيين. وأقدم نسخات كتاب **الجغرافيا** الموجودة اليوم، قد وضعت في القسطنطينية خلال القرنين الثالث عشر والرابع عشر للميلاد. وقد أنجزت ترجمات عربية لها بأمر من السلطان محمد الثاني. توجد إحدى هذه الترجمات ضمن مخطوطة «آيا صوفيا» (Aya Sofia) ذات الرقم ٢٦١٠ في اسطنبول. وقد أخذت من خريطة العالم الموجودة فيها صورة طبق الأصل[٢٣]. أما

---

(٢٢) انظر: Al-Mas'ūdī: *Murūj al-Dhahab (Les Prairies d'or)*, édité et traduit par C. Barbier de Meynard et Pavet de Courteille, collection d'ouvrages orientaux publiée par la société asiatique, 9 vols. (Paris: Imprimerie impériale, 1861 - 1917; 1861 - 1930), vol. 1, p. 183, et *Kitāb al-tanbīh wa'l-ishrāf*, édidit M. J. de Goeje (Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1894), réimprimé (Beyrouth: Khayat, 1965); traduction française: *Le Livre de l'avertissement et de la révision*, traduit par Carra de Vaux (Paris: Imprimerie nationale, 1896), p. 33.

(٢٣) انظر: Josef Fischer, *Claudii Ptolemæi Geographiæ Codex Urbinus Græcus 82*, 3 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1932), et «Kharīta,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*.

المخطوطة الكاملة فقد نشرت منها صورة طبق الأصل (القاهرة؟) سنة ١٩٢٩[٢٤]. غير أن الكتاب لا يحوي أية إشارة تدل على مصدره أو على تاريخ نشره.

كل هذا متأخر جداً عن عهد العباسيين. وما زالت مسألة ما أمكن وصوله من إرث بطلميوس الجغرافي إلى العباسيين موضوع نقاش. غير أن مزيك (Mžik)[٢٥] يعتقد أن الجغرافيين في العهد العباسي قد استخدموا، على الأرجح، نسخة سريانية من الجغرافيا. وربما لم تحو هذه النسخة أية خريطة للعالم. ويظن روسكا (Ruska)[٢٦]، من ناحية أخرى، أنهم قد تمكنوا من العمل مباشرة انطلاقاً من النسخة اليونانية.

٢ ـ خريطة المأمون

لقد استقدم الخليفة المأمون خلال فترة حكمه (٨١٣ ـ ٨٣٣م) علماء بارزين إلى «بيت الحكمة»، وهذا ما هو معروف جيداً. إن إحدى ثمرات التعاون بين هؤلاء العلماء هي تمثيل العالم المعروف في ذلك الزمن، ويعد هذا التمثيل تحسيناً من عدة وجوه لذلك الذي قدمه بطلميوس[٢٧]. غير أن كل ما وصلنا يقتصر على خريطة جغرافية للخوارزمي[٢٨] وعلى ثلاث خرائط إقليمية. ولم يعثر على أية نسخة من الخريطة الرئيسة. ويؤكد المسعودي[٢٩] أن الحدود بين المناخات مستقيمة في تلك الخريطة. وبما أن هذه الحدود خطوط عرض، يمكن التكهن بأن الإسقاط المستخدم كان من النوع الذي اتخذه مارينوس.

ويصبح هذا الحدس شبه مؤكد إذا أخذنا بعين الاعتبار جدول شهراب (حوالى سنة ٩٣٠م) الجغرافي الذي يشبه كثيراً جدول الخوارزمي. يعطي شهراب[٣٠]، في مقدمة

---

(٢٤) انظر: Leo Bagrow, «A Tale from the Bosphorus: Some Impressions from My Work at the Topkapu Saray Library, Summer 1954,» *Imago Mundi*, vol. 12 (1955), p. 27, note at the bottom of the page.

(٢٥) انظر: Hans von Mžik, «Ptolemaeus und die Karten der Arabischen Geographen,» *Mitt. d. K. K. geog. Ges. Wien*, Bd. 58 (1915), pp. 152 - 175.

(٢٦) انظر: Julius Ruska, «Neue Bausteine zur Geschichte der Arabischen Geographie,» *Geographische Zeitschrift*, Bd. 24 (1918), pp. 77 -78.

(٢٧) انظر: Nallino, *Raccolta di scritti editi e inediti*, vol. 5.

(٢٨) انظر: Muḥammad Ibn Mūsā al-Khuwārizmī, *Das Kitāb Sūrat al-Ard des Abū Ga'far Muḥammad Ibn Mūsā al-Huwārizmī*, éd. Hans von Mžik, Bibliothek Arabischer Historiker und Geographen; 3 Bd. (Leipzig: Otto Harrassowitz, 1926).

(٢٩) انظر: Al-Mas'ūdī, *Kitāb al-tanbīh wa'l-ishrāf*, p. 44.

(٣٠) انظر: Suhrāb, *Das Kitāb 'agā'ib al-akālīm as-sab'a des Suhrāb*, herausgegeben nach dem handschriftlichen Unikum des Britischen Museums in London/ cod. 23379 add., von Hans v. Mžik, Bibliothek Arabischer Historiker und Geographen, Bd, 5 (Leipzig: Otto Harrassowitz, 1930).

كتابه، توجيهات مهمة لطريقة رسم شبكة الإحداثيات التي يجب وضع الأماكن عليها. فيجب أن تتضمن هذه الشبكة جماعتين من الخطوط المتوازية المتعامدة فيما بينها والمشكلة لمربعات. فتحفظ المسافات على طول خط الاستواء وعلى طول كل خط من خطوط الزوال. وهذا ما يسبب تمدد المسافات باتجاه موازٍ لخط الاستواء في المنطقة المعتدلة. لذلك تكون هذه الخريطة أقل جودة من خريطة مارينوس.

٣ ـ أطلس الإسلام

قامت مجموعة من الجغرافيين في القرن العاشر بكتابة مؤلفات لها سمات مشتركة كثيرة فسميت **أطلس الإسلام**[٣١]. نذكر من هؤلاء الكتاب البلخي والاصطخري والمقدسي. وقد تضمن كل كتاب من هذه الكتب مجموعة نموذجية من عشرين خريطة. والخريطة الأولى في هذه المجموعة هي خريطة العالم. ولكن هذه الخرائط مبسطة إلى درجة كبيرة حتى انها أصبحت، على حد تعبير كرايمرز (Kramers)، خرائط كاريكاتيرية.

٤ ـ مساهمة البيروني

لقد ألف البيروني، الذي كان رياضياً كبيراً وعلامة في آسيا الوسطى، كتاباً صغيراً في علم خرائط الكرة الأرضية، وذلك في أوائل حياته العلمية (حوالى سنة ١٠٠٥م)[٣٢]. وقد ظهرت ترجمة حديثة لهذا الكتاب[٣٣] تتضمن شرحاً وفهرسة للأعمال والنشرات السابقة، إضافة إلى نسخة طبق الأصل عن مخطوطة ليدن (Leyde). وقد عرض البيروني في هذا الكتاب ثماني طرق للإسقاطات الخرائطية. سنعرض أدناه ثلاث طرق منها. يبدو أنه قد ابتكر الطريقتين الأولى والثالثة. أما الطريقة الثانية فقد تكون سابقة له. وسنسمي هذه الطرق بالأسماء الحديثة التي أطلقت عليها.

أ ـ طريقة «التساوي المزدوج للأبعاد»

تنص هذه الطريقة في أول الأمر على اختيار نقطتين ثابتتين A وB على الكرة. ونرسم بعد ذلك، في وسط الورقة التي نريد أن نخرج الخريطة عليها، الخط المستقيم A′ B′ بحيث

(٣١) انظر: J. H. Kramers, «La Question Balḫī - Iṣṭahrī- Ibn Ḥawqal et l'Atlas de l'Islam,» *Acta Orientalia*, vol. 10 (1932), pp. 9 - 30.

(٣٢) انظر: Lutz Richter - Bernburg, «Al-Bīrūnī's *Maqāla fī tasṭiḥ al-ṣuwar wa tabṭīkh al-Kuwar:* A Translation of the Preface with Notes and Commentary,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 6 (1982), pp. 113 - 122.

(٣٣) انظر: J. L. Berggren, «Al-Bīrūnī on Plane Maps of the Sphere,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 6, nos. 1 - 2 (1982), pp. 47 - 96.

يكون طوله مساوياً لطول قوس الدائرة الكبرى AB على الكرة، وذلك وفقاً لسلم مناسب. عندئذ، إذا أخذنا نقطة اختيارية P على الكرة، نختار النقطة P′ المقابلة لها على الخريطة بحيث:

- يكون طول الخط A′ P′ مساوياً لطول قوس الدائرة الكبرى AP؛

- يكون طول الخط B′ P′ مساوياً لطول قوس الدائرة الكبرى BP. بالإضافة إلى ذلك، توضع النقطة P′ بحيث يكون اتجاه المثلث A′ B′ P′ مطابقاً لاتجاه المثلث ABC. لقد عرضت هذه الطريقة في العصر الحديث، ولكننا لا نعرف لها تطبيقاً حديثاً ولا حتى في القرون الوسطى[٣٤].

ب ـ طريقة «التساوي في البعد السمتي»

إن هذه الطريقة سهلة الوصف كالطريقة السابقة. لنأخذ نقطة معينة A على الكرة واتجاهاً صفرياً انطلاقاً من هذه النقطة. لنأخذ عندئذ النقطة A′، في وسط الخريطة، كصورة للنقطة A. ولنحدد الاتجاهات على الخريطة بواسطة محور يمر بالنقطة A′. إذا كانت P نقطة اختيارية على الكرة، تكون صورتها P′ على طرف الخط المقطوع A′ P′ الذي يساوي طوله طول قوس الدائرة الكبرى AP. وتكون زاوية السمت لـ A′ P′، بالنسبة إلى المحور المعطى، مساوية لزاوية السمت لـ AP على الكرة. ولقد وصف البيروني هذه العملية مستخدماً اصطلاحات ميكانيكية كما يلي. إذا جعلنا الكرة تتدحرج دون انزلاق فوق الخارطة انطلاقاً من نقطة المماس A′، وفي اتجاه P إلى أن تصبح P نقطة المماس، نحصل عندئذ على النقطة P′.

لقد استخدم علي بن أحمد الشرفي، في صفاقس سنة ١٥٧١م، هذه الطريقة ليرسم، بشكل بسيط وحدسي دون شك، خريطة العالم[٣٥]. وكان دون شك على غير علم بكتاب البيروني، كما كان كذلك بوستل (Postel) الذي طبق هذه الطريقة في أوروبا سنة ١٥٨١م[٣٦].

---

(٣٤) انـظـر: Charles Henry Deetz and Oscar S. Adams, *Elements of Map Projection with Applications to Map and Chart Construction*, U. S. Coast and Geodetic Survey, Special Publication no. 68, 5th ed. (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1945), reprinted (New York: Greenwood, 1969), p. 176.

(٣٥) انـظـر: William C. Brice, ed., *An Historical Atlas of Islam* (Leiden: E. J. Brill, 1981), p. vi, and Carlo Alfonso Nallino, «Un mappamundo arabo disegnato nel 1579 da ʻAlī Ibn Aḥmad al-Sharafī di Sfax,» *Bolletino della Reale Società Geografica Italiana*, vol. 5, no. 5 (1916), pp. 721 - 736, réimprimé dans: Nallino, *Raccolta di scritti editi e inediti*, vol. 5, pp. 533 - 548.

(٣٦) انظر: Deetz and Adams, Ibid., p. 175.

إن طريقة التساوي في البعد السمتي مستخدمة بشكل عادي في هذه الأيام.

ج ـ طريقة «النظام الكروي»

يتم في هذه الطريقة إسقاط نصف الكرة على سطح دائرة. لنأخذ قطرين EW وNS متقاطعين في النقطة O ومتعامدين. وهكذا تنقسم الدائرة إلى أربعة أرباع. لنفرض أن القطر EOW هو صورة نصف خط الاستواء الذي يكون فيه الطول مساوياً للصفر في النقطة E، ولـ 90° في النقطة O، ولـ 180° في النقطة W. لنقسم خطوط الأشعة الأربعة وأرباع المحيط إلى عدد مناسب من الأجزاء المتساوية. ليكن عدد الأجزاء مساوياً لتسعين جزءاً فيكون الجزء مساوياً لدرجة واحدة. لنرقم الأقسام نحو الأعلى ونحو الأسفل، انطلاقاً من E وO وW، بحيث يكون ارتفاع القطب الشمالي N مساوياً لـ 90°، ويكون ارتفاع القطب الجنوبي S مساوياً لـ 90°− . وهكذا تتكون شبكة الإحداثيات من جماعتين من الأقواس الدائرية. أما مسقط خط الزوال الذي طوله λ، فهو قوس الدائرة الوحيدة التي تمر بالنقطتين N و S وبالنقطة المحددة بالطول λ على الخط EW. ومسقط خط العرض المحدد بالزاوية φ هو قوس الدائرة التي تمر بالنقط الثلاث المحددة بالزاوية φ والواقعة على كل من الأقواس NES وNOS وNWS.

لقد سُرّ البيروني، بشكل ظاهر، بهذا البنيان لأنه استنتج منه عبارات لحساب أشعة الأقواس الإحداثية ولتحديد مواقع مراكزها. وكان من حقه أن يكون كذلك لأن الالتواء قليل في القسم المركزي من الخارطة، والمسافات الشعاعية محفوظة جيداً حول هذا القسم. أما المنطقة التي يحدث فيها التمدد الأكبر فتقع على الأطراف. وبما أن هذا الإسقاط يشبه الإسقاط التجسيمي الذي سنعرضه أدناه، فإنه يكاد يكون تمثيلاً مطابقاً.

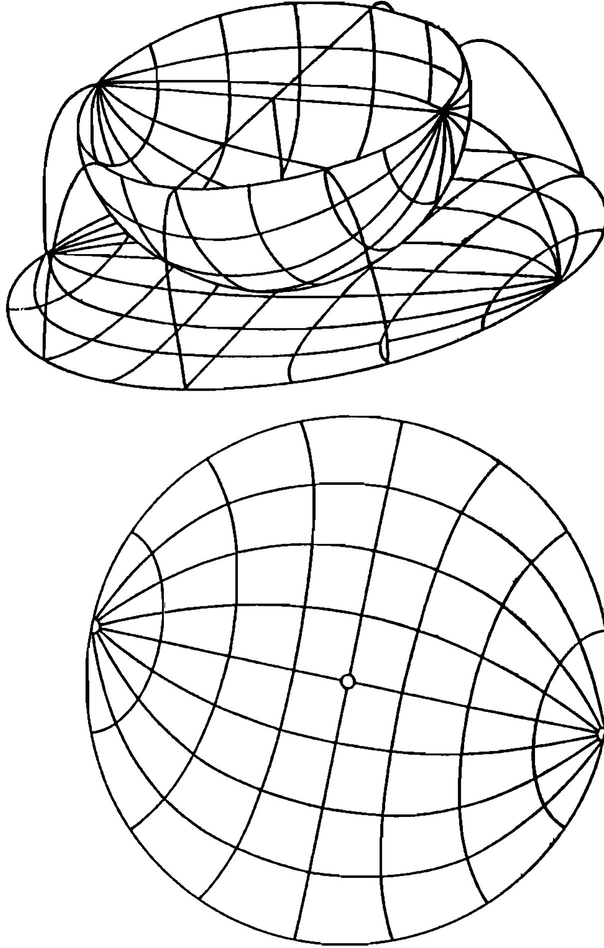
قد يتساءل المرء كيف توصل البيروني إلى التفكير بهذا النظام. حسب رأي برغرن (Berggren)[٣٧]، ما هذا النظام إلا توسيع للنظام الثاني لبطلميوس ليشمل نصف الكرة بكاملها، وذلك نظراً لأن شبكة الإحداثيات مؤلفة من أقواس دائرية مقسمة بانتظام.

قد يكون البيروني غير مطلع على خرائط بطلميوس. وهذا ما يزيد في احتمال كون هذا النظام كثير القرب من طريقة التساوي في البعد السمتي التي تتخذ إحدى نقط خط الاستواء كمركزٍ والتي تمثل نصف كرة واحداً. وفي هذه الحالة الخاصة تسقط خطوط الزوال على خطوط منتظمة متناظرة يمر كل واحد منها بالقطبين وبإحدى التداريج المتباعدة بانتظام على المسقط المستقيم لخط الاستواء. أما مساقط خطوط العرض فهي منتظمة، يمر كل واحد منها بنقطتي الدائرة وبنقطة القطر العمودي حيث تكون قيمة φ معينة. هذه الخطوط ليست دوائر، ولكنها قريبة من الدوائر. وقد رسمها البيروني كما هي.

---

(٣٧) انظر: Berggren, «Al-Bīrūnī on Plane Maps of the Sphere,» pp.47-96.

والمرجع(٣٨) يمثل شبكة إحداثيات التساوي في البعد السمتي وشبكة الإسقاط الكروي فوق بعضهما. وهذا ما يظهر أنهما متقاربتان كثيراً.

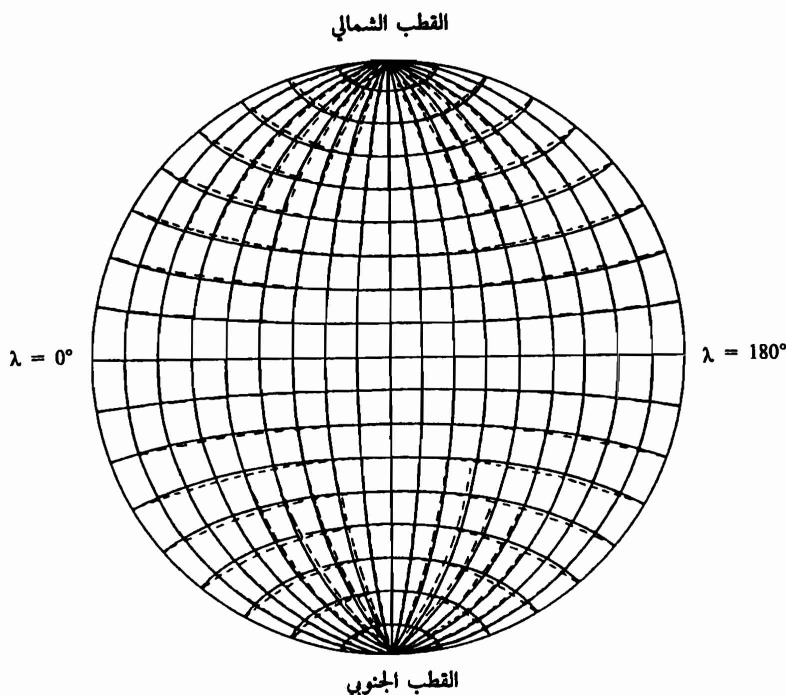


الشكل رقم (٦ ــ ٣)

طريقة التساوي في البعد السَمتي.

(٣٨) انــــظــــر: Edward Stewart Kennedy and Marie-Thérèse Debarnot, «Two Mappings Proposed by Bīrūnī,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften,* Bd. 1 (1984), pp. 145 - 147.

نحن لا نعرف بوجود تطبيق شرقي للإسقاط الكروي. إلا أنه ظهر من جديد في أوروبا بعد مدة ستة قرون، بشكل مستقل عن البيروني. فقد نشر صقلّي اسمه جيانباتيستا نيكولوزي (Gianbattista Nicolosi)، في سنة ١٦٦٠م، مثلين تطبيقيين لهذا الإسقاط، أحدهما يمثل نصف الكرة الأرضية الشرقي، والآخر يمثل نصفها الغربي(٣٩). ثم ظهر تطبيق آخر سنة ١٦٧٦م، وتبعته تطبيقات أخرى. ففي سنة ١٧٠١م قدم العالم الفرنسي فيليب دو لاهير (Philippe de la Hire) وصفاً لنظام خرائطي مبتكر. وكانت بعض الخطوط الإحداثية فيه إهليلجية، ولكن شبكة الخطوط الإحداثية فيه تشبه إلى حد بعيد شبكة الإسقاط الكروي.



الشكل رقم (٦ ــ ٤)

شبكة الخطوط الاحداثية الخاصة بطريقة التساوي في البعد السمتي ممثلة بخطوط متواصلة، وشبكة الخطوط الإحداثية بطريقة الإسقاط الكروي ممثلة بخطوط متقطعة على نصف كرة.

---

(٣٩) انظر: Macaya d'Avezac, «Coup d'œil historique sur la projection des cartes de géographie,» *Bulletin de la société de géographie,* vol. 5, no. 5 (1863), p. 342.

أما عالم الخرائط الإنكليزي آرون أرُوسميث (Aaron Arrowsmith) فقد نشر سنة ١٧٩٤ خريطة للعالم. وقال ضمن ملاحظاته التفسيرية التي رافقت الخريطة، انه اختار إسقاط لاهير لأنه الأفضل. ثم وصف، بعد ذلك بناء شبكة الإحداثيات بأقواس الدوائر بنفس الطريقة التي استخدمها البيروني[٤٠]. ولسنا نقول بأن البيروني قد أثر مباشرة على أرُوسميث. ولكن ما يدعو إلى الدهشة هو أن رجلين، أحدهما في القرن الحادي عشر والآخر في القرن الثامن عشر، توصلا، للسبب نفسه، إلى اختيار الخط الأكثر بساطة.

د ـ الإسقاط التجسيمي الإستوائي

يتم، في الإسقاط التجسيمي، إسقاط نقط الكرة على مستوى دائرة كبرى معينة انطلاقاً من أحد قطبي هذه الدائرة. لقد تم اكتشاف هذا الإسقاط وميزته الأساسية منذ زمن بعيد ربما يعود إلى حوالى سنة ١٥٠ قبل الميلاد[٤١]. وهذه الميزة هي أن الدوائر تسقط على دوائر. وكان التطبيق الرئيس لهذا الإسقاط هو الأسطرلاب النموذجي الذي يتخذ فيه القطب الجنوبي السماوي كنقطة للإسقاط.

ولكن العربي الإسباني، الزرقالي، ابتكر، حوالى سنة ١٠٥٠م أسطرلاباً سماه «الصفيحة» («saphea» في اللغة اللاتينية الغربية)، يستخدم فيه الإسقاط التجسيمي انطلاقاً من نقطة على خط الإستواء[٤٢]. انتشرت هذه الآلة في أوروبا. وتم تبنّي طريقة الإسقاط المستخدم فيها، في رسم الخرائط الأرضية. وأصبحت هذه الطريقة، في أواخر القرن السادس عشر، الطريقة المهيمنة في رسم خرائط العالم[٤٣]، حتى إنه خلط بينها وبين الإسقاط الكروي الموصوف أعلاه. ويمكن التمييز بين هاتين الطريقتين إذا لاحظنا أن المسافات، بين تداريج خط الاستواء في الخرائط التجسيمية، تتمدد قليلاً عند طرف الخريطة. بينما تبقى المسافات ثابتة في خرائط الإسقاط الكروي.

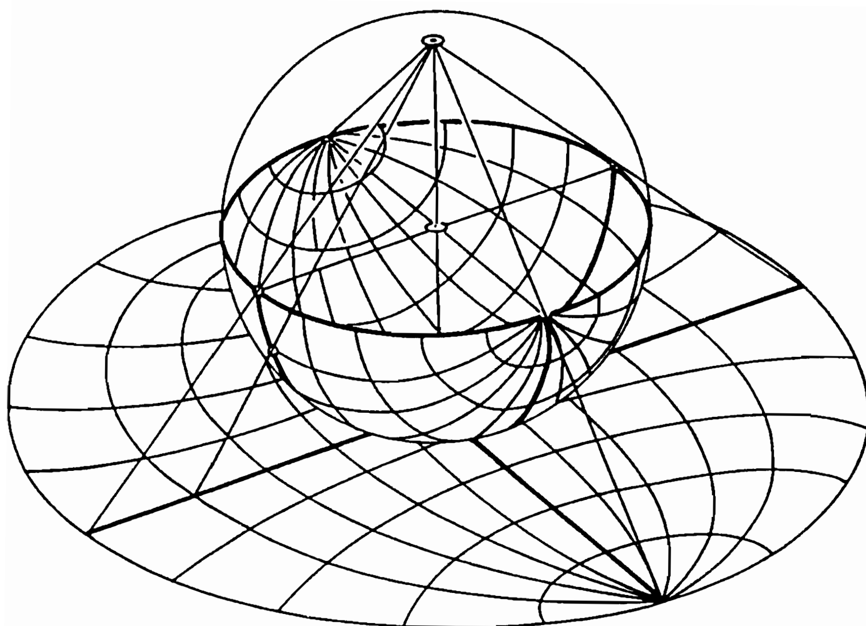
---

(٤٠) المصدر نفسه، ص ٣٥٩.

(٤١) انظر: Otto Neugebauer, «The Early History of the Astrolabe: Studies in Ancient Astronomy IX,» *Isis*, vol. 40, no. 121 (August 1949), pp. 240 - 256.

(٤٢) انظر: José María Millás-Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel* (Madrid: Consejo Superior de Investegaciones Científicas, Instituto «Miguel Asín», Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada, 1950).

(٤٣) انظر: Johannes Keuning, «The History of Geographical Map Projections until 1600,» *Imago Mundi*, vol. 12 (1955), pp. 7 - 9.



الشكل رقم (٦ ـ ٥)

الإسقاط التجسيمي الاستوائي.

٥ ـ خريطة الإدريسي

كانت الجغرافيا من بين الاهتمامات الفكرية العديدة لملك صقلية النورمندي روجيه الثاني. لقد كلف روجيه الثاني المغربي أبو عبد الله محمد الشريف الإدريسي بتأليف أطلس كامل للعالم. ودعم المشروع بسخاء، وموّل الأسفار البعيدة التي زادت، بفضل التقارير التي جلبتها، من المراجع المكتوبة التي كانت تحت تصرف الإدريسي. وقد تحقق الهدف المطلوب من هذا المشروع سنة ١١٥٤م بعد خمس عشرة سنة من العمل، وذلك بالحصول على خريطةٍ دائريةٍ للعالم(٤٤)، وخريطةٍ مستطيلةٍ أكبر بكثير من الأولى، ونصٍ مرافق لهما باللغة العربية.

(٤٤) انظر: Konrad Miller, *Mappæ Arabicæ, Arabische Welt - und Länderkarten*, 6 vols. (Stuttgart: Selbstverlag des Herausgebers, 1926 - 1931), vol. 5, p. 160.



الصورة رقم (٦ ـ ١)
الإدريسي، نزهة المشتاق في اختراق الآفاق
(باريس، مخطوطة المكتبة الوطنية، عربي ٢٢٢١).
يمكن لمخطوطة هذه الخرائط إذا ركبت من جديد أن تعطي صورة للعالم
كما يصفه الإدريسي من المغرب إلى الهند.

تتألف الخريطة الكبرى(٤٥) من سبعين ورقة مستطيلة. وتجمع هذه الأوراق في سبعة ملفات، وفي كل ملف عشر أوراق. ويظهر الشمال في أسفل الخريطة، خلافاً للتقاليد

(٤٥) توجد أحدث نسخة في: Konrad Miller, *Weltkarte des Arabers Idrisi vom Jahre 1154* (Neudruck des 1928 erschienenen Werkes) (Stuttgart: Brockhaus, 1981).

الحديثة. هناك مئات من العناصر الجغرافية والمدن، ولكن الطريقة المتّبعة لتحديد مواقعها على الخريطة ليست واضحة. أما الطرفان العلوي والسفلي لكل ملف فهما مطابقان للطرفين العلوي والسفلي لكل من الأقاليم السبعة المعروفة في العصور القديمة[٤٦].

إن تحديد هذه المناطق على سطح الكرة الأرضية مرتبط بعلم الفلك. يبدأ الإقليم الأول، نظرياً، على خط العرض الذي يكون أقصى طول للنهار عليه مساوياً لاثنتي عشرة ساعة وثلاثة أرباع الساعة. وينتهي عندما يبدأ الإقليم الثاني على خط العرض الذي يكون أقصى طول للنهار عليه مساوياً لثلاث عشرة ساعة وربع الساعة. وهكذا تتتابع الأقاليم باتجاه الشمال، بحيث يوافق كل حد من حدودها زيادة نصف ساعة في الطول الأقصى للنهار.

إن عروض الأقاليم، تبعاً لهذا التحديد، تتناقص باتجاه الشمال. إلا أنها، على خريطة الإدريسي تميل للاحتفاظ بعرض ثابت مساوٍ لست درجات. وذلك ما تمكن رؤيته على سلم جزئي للعروض على طول الطرف الأيمن للخريطة[٤٧].

كل شيء يدل على أن الإدريسي لم يكن رياضياً كبير التجربة، وأنه كان يجهل علم المثلثات. إلا أن طرقه التقريبية العملية كانت ملائمة جيداً لكتلة المعلومات التي كانت تحت تصرفه والتي غالباً ما كانت متناقضة. وهو يشير، في مقدمة نصه[٤٨]، إلى اثني عشر مرجعاً، منها مرجع واحد، وهو **الجغرافيا** لبطلميوس، معروف باستناده على الإحداثيات. إلا أن أغلب الجغرافيين المسلمين كانوا يميلون إلى تقديم المعطيات تبعاً للأقاليم، حتى ان الإدريسي قد وضع الأماكن بمهارة داخل أقاليمها الخاصة، دون أن يهتموا بالحدود الدقيقة لتلك الأقاليم. ويظهر البحث أن أخطاءه، في الواقع، لم تكن كبيرة[٤٩].

وكما هي الحال بالنسبة إلى الأطوال، ليس هناك أي أثر لسلم أفقي على الخريطة. لقد رأينا أعلاه كيف كان تحديد الأطوال قليل الدقة خلال القرون الوسطى، وهذا ما يفسر حذر الإدريسي. وإذا كان يظن (تبعاً للفكرة الرائجة في ذلك العصر) أن القسم المسكون من الأرض يمتد على طول قدره °180، نستنتج من ذلك أن كل ورقة تغطي °18. فإذا قارنا

---

(٤٦) انظر: Honigmann, *Die sieben Klimata,* and Ahmad Dallal, «Al-Bīrūnī on Climates,» *Archives internationales d'histoire des sciences,* vol. 34 (1984), pp. 3 - 18.

(٤٧) انظر: Miller, *Mappæ Arabicæ, Arabische Welt-und Länderkarten,* vol. 5, p. 164.

(٤٨) انظر: Al-Idrīsī, *Opus Geographicum,* sous la direction de l'Instituto Orientali de Naples (Leiden: E. J. Brill, 1970-), et A. Jaubert, *La Géographie d'Edrisi* (Paris: [s. n.], 1836 - 1840), réimprimé (Amsterdam: Philo Press, 1975).

(٤٩) انظر: Edward Stewart Kennedy, «Geographical Latitudes in al-Idrīsī's World Map,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften,* Bd. 3 (1986), pp. 265 - 268.

هذا بعروض الأقاليم، يظهر لنا أن الخريطة هي من نوع خريطة مارينوس، لأن درجة الطول فيها تساوي ستة أعشار درجة العرض تقريباً. وهذا ما يجعل الالتواء في حده الأدنى في الإقليمين السادس والسابع. أما في الأقاليم الأخرى، فإن المسافات من الشرق إلى الغرب أقصر مما يجب أن تكون بالمقارنة مع المسافات من الشمال إلى الجنوب.

يشير الإدريسي في مقدمته إلى «لوح الترسيم» وإلى «سلم من حديد». ولكن شكل ووظيفة كل من هذين العنصرين ما زالا غامضين. ولكن المراجع تعطي في أغلب الأحيان المسافات بين الأماكن. وقد تنص طريقة معقولة على أن توضع في أول الأمر، المدن البعيدة التي تبدو مواقعها محددة بشكل موثوق. وبعد ذلك، توضع النقط المتوسطة بتثليثات متتابعة في لوح الترسيم، قبل أن تنقل عند الاقتضاء إلى الخريطة النهائية المنقوشة في الأصل على أوراق من الفضة.

ومهما كانت الطريقة المتبعة، فإن النتيجة كانت أروع ما أنجز في علم الخرائط الإسلامي. وقد استندت عليها مؤلفات عديدة تتضمن دراسات لمناطق خاصة في الخريطة، كالجزر البريطانية(٥٠) واسكندينافيا(٥١) وألمانيا(٥٢) وإسبانيا(٥٣) وبلغاريا(٥٤) وافريقيا(٥٥) والهند(٥٦).

---

(٥٠) انظر: A. F. L. Beeston, «Idrisi's Account of the British Isles,» *Bulletin of the School of Oriental and African Studies*, vol. 13 (1950), pp. 265 - 280.

(٥١) انظر: Oiva Johannes Tuulio - Tallgren, *Du nouveau sur Idrīsī*, édition critique, traduction, études par O. J. Tuulio - Tallgren (Helsinki: Imprimerie de la société de littérature finnoise, 1936).

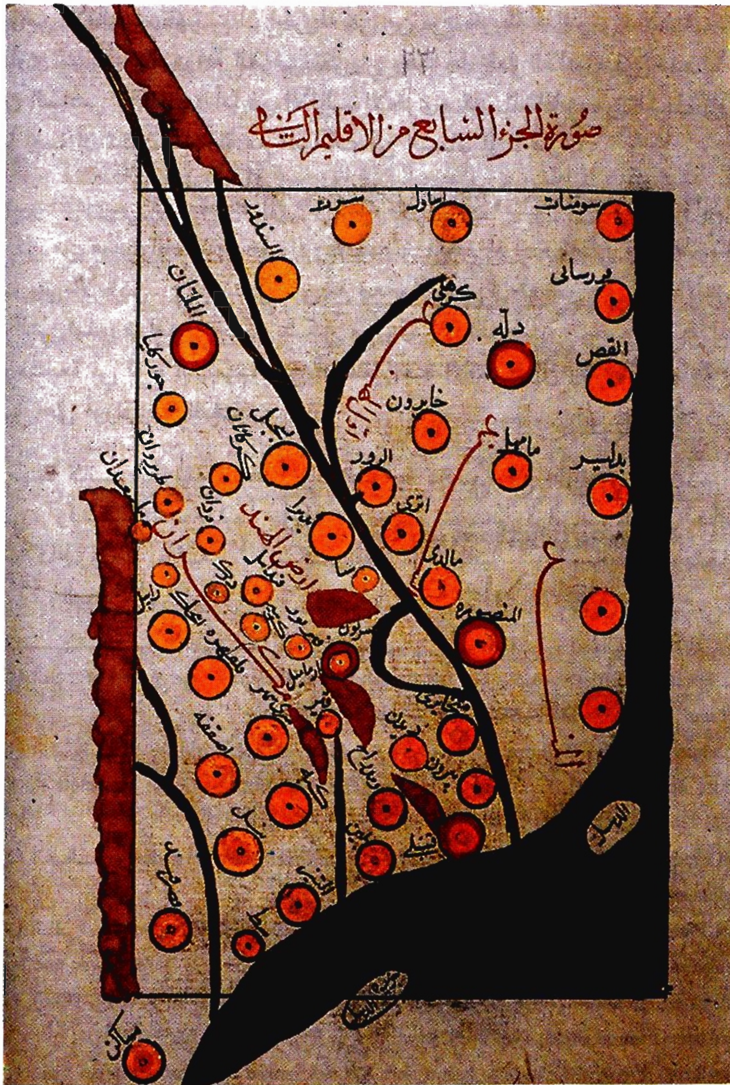
(٥٢) انظر Wilhelm Hoernerbach, *Deutschland und sein Nachbarländer nach der grossen Geographie des Idrīsī* (Stuttgart: [n. pb.], 1937).

(٥٣) انظر: Reinhart Pieter Anne Dozy, ed. et tr., *Description de l'Afrique et de l'Espagne*, texte arabe pub. pour la première fois d'après les man. de Paris et d'Oxford avec une traduction, de notes et un glossaire par R. Dozy et M. J. de Goeje (Leiden: E. J. Brill, 1866), réimprimé (Amsterdam: Oriental Press, 1969).

(٥٤) انظر: Boris Nedkov, *B'lgariya i c'cednite i zemi prez XII bek spored «geografiyata» na Idrisi* (Sofia: Nauka i Iskustvo, 1960).

(٥٥) انظر: Hans von Mzik, «Idrīsī und Ptolemäus,» *Orientalistische Literaturzeitung*, Bd. 15 (1912), pp. 404 - 405.

(٥٦) انظر: Al-Idrīsī, *India and the Neighboring Territories in the Kitāb nuzhat al-mushtāq fī-'Khtirāq al-āfāq of al-Sharīf al-Idrīsī*, a translation, with commentary, of the passages relating to India, Pakistan, Ceylon, parts of the Afghanistan and the Andaman, Nicobar and Maldive Islands, etc, by S. Maqbul Ahmad, with a foreword by V. Minorsky, Publications of the De Goeje Fund; 20 (Leiden: E. J. Brill, 1960).



الصورة رقم (٦ ـ ٢)
الإدريسي، كتاب أنس المهج وحدائق الفرج في علم جميع الأرض
(طهران، مخطوطة مجلس شورى، ٦٧١٠).
نرى في هذه الصورة خريطة الجزء السابع من الإقليم الثاني (الهند).

٦ ـ الخرائط الإيرانية ذات الإحداثيات المستطيلة

توجد عدة نسخات من كتاب جغرافي كتبه حوالى سنة ١٣٤٠م مؤلف اسمه حمد الله المستوفي القزويني. ويتضمن الكتاب خريطة نجد منها نسخة طبق الأصل في كتاب ميلر (Miller)[٥٧].

تغطي هذه الخريطة منطقة تمتد من سوريا غرباً إلى كشمير شرقاً، ومن اليمن جنوباً إلى خوارزم شمالاً. والخريطة مقسمة إلى عدة مستطيلات بخطوط متوازية ومتعامدة فيما بينها ومتباعدة بمسافات مساوية لدرجة واحدة. وتتضمن الخريطة أسماء ١٧٠ مدينة كل واحدة منها مسجلة داخل المستطيل الموافق لعرضها ولطولها. إن التحقق من إحداثيات ما يقرب من اثنتي عشرة مدينة من هذه المدن، يظهر أن هذه الإحداثيات مطابقة، باختلافات لا تتعدى عدة درجات، لتلك الواردة في الجداول الجغرافية لأزياج الفرس. أما المميزات الجغرافية فلا توجد على هذه الخريطة إلا فيما يخص الخطوط الساحلية.

إن هذه الخريطة، كما تقدم، تعطي مثالاً قيماً، ولو كان بدائياً، لشبكة من الإحداثيات. وهي الشبكة الوحيدة الموجودة تحت تصرفنا، للخرائط الإسلامية في القرون الوسطى. وهي تتبع التعليمات الموجودة في مقدمة خريطة شهراب المذكورة أعلاه. وتوجد خريطة أخرى للعالم في كتاب المستوفي، ولكنها أقل نجاحاً من الخريطة السابقة. ومن الأفضل عرضها في آن واحد مع خريطة حافظي أبرو (المتوفى سنة ١٤٣٠م)[٥٨]. وذلك لأننا نشعر بأن هذا الأخير قد تأثر بشكل واضح بالمؤلف السابق. ونظراً لأخطاء الناسخين العشوائية، يجب استخلاص النتائج استناداً إلى أكبر عدد ممكن من المخطوطات. وتوجد نسختان من خريطة المستوفي للعالم في كتاب ميلر[٥٩].

تدور الفكرة العامة، في هاتين الخريطتين، حول رسم شبكة مربعةٌ من الإحداثيات المستقيمة، تتراوح أطوالها من 0° إلى 180°، وتتراوح عروضها (تبعاً للمصطلحات الحديثة) من 90°− إلى 90°. أما المسافة بين خطين متواليين فتساوي عشر درجات في خريطة المستوفي وخمس درجات في خريطة الحافظ. وترسم دائرة محوطة بالمربع لتمثيل نصف الكرة المسكون. أما الخريطة نفسها فهي داخل الدائرة. ويتم إقصاء أو إهمال المناطق التي تقع إحداثياتها في الزوايا. وقد أحجم المستوفي بتعقل عن ترسيم المدن واكتفى بترسيم المناطق. أما الحافظ فقد وضع على الخريطة عدداً لا بأس به من المدن الواقعة في القسم المركزي منها حيث يكون الالتواء بسيطاً.

---

(٥٧) انظر: Miller, *Mappæ Arabicæ, Arabische Welt-und Länderkarten,* vol. 5, clichés 34 - 35 et 86.

(٥٨) وهي منشورة في: المصدر نفسه، مج ٥، الصورتان ٧٢ و٨٢.

(٥٩) المصدر نفسه، مج ٥، الصورتان ٨٣.

ـ ٧ ـ

علم الملاحة العربي

هنري غروسّي ـ غرانج(*)

مقدمة

تستند المعرفة الملاحية، بشكل رئيس، على تراكم تجارب الملاحين، لكنها أيضاً تشكل علماً يأخذ مكانه على ملتقى عدة علوم مختلفة. نذكر من هذه العلوم، على الأخص، علم

(*) قبطان إبحارات بعيدة المدى ـ فرنسا، متوفّى.

أعاد هنري روكات (Henri Rouquette)، قبطان مدمرة، تحرير هذا النص بالكامل، كما قام بترجمة هذا الفصل بدوي المبسوط.

بخصوص مراجع هذا الفصل، انظر: Luis Guilherme Mendonça de Albuquerque, *Quelques commentaires sur la navigation orientale* (Paris: Arquivos do Centro Cultural, Fondation C. Gulbenkian, 1972); Leo Bagrow, *The Vasco Gama's Pilot* (Genova: Civico Instituto Colombiano, [1951?]; T. A. Chumovski, *Thalāth rāhmanajāt majhūla li Ahmad b. Mājid,* texte arabe et traduction russe (Moscou, Leningrad: [n. pb.], 1957); Gabriel Ferrand: ed., *Instructions nautiques et routiers arabes et portugais des XVᵉ et XVIᵉ siècles,* 3 vols. (Paris: Geuthner, 1921 - 1928), tomes I et II: textes arabes, tome III: *Introduction à l'astronomie nautique arabe,* et *L'Elément persan dans les textes nautiques arabes des XVᵉ et XVIᵉ siècles* (Paris: Imprimerie nationale, 1924); Henri Grosset - Grange: «Analyse des voyages d'Inde à Malacca,» *Navigation,* vol. 81 (1973), pp. 97 - 109; «Une carte nautique arabe au moyen âge,» *Acta Geographica,* vol.27 (1976), pp. 33 - 48; «Noms d'étoiles, quelques termes particuliers,» *Arabica:* (1972), pp. 240 - 245; (1977), pp. 42 - 46, et (1979), pp. 90 - 98; «La Côte africaine dans les routiers nautiques arabes,» *Azania* (Nairobi, British Institute in Eastern Africa), vol. 13 (1978), pp. 1 - 17; «La Science nautique arabe,» *Jeune marine,* nos. 16 à 29 sauf 22 (1977 à 1979), et *Glossaire du parler maritime arabe, autrefois et aujourd'hui* [sous presse, 1992?]; =

الفلك والجغرافيا وعلم المناخ (الأرصاد الجوية)، بالإضافة إلى مسألة آلات القياس وآلات الرصد.

إن عرض تاريخ علم الملاحة العربي صعب لأن النصوص القديمة ضائعة حالياً. وليس لدينا إلا النصوص المكتوبة في نهاية القرن الخامس عشر الميلادي وبداية القرن السادس عشر الميلادي، التي تصف فن الملاحة في المحيط الهندي فقط. وهكذا سيقتصر عرضنا، بشكل اضطراري، على تحليل التعليمات البحرية للمؤلفين ابن ماجد وسليمان المهري. لقد ظهر هذان البحاران في نهاية فترة زمنية تم خلالها، تقريباً، نضوج تقليد علمي كان هذان البحاران من ورثته. لكننا لا نستطيع وصف التطور التاريخي لهذا التقليد، بسبب النقص الحالي لمعارفنا الخاصة بمصادر علم الملاحة العربي.

= شهاب الدين أحمد بن أبي الركائب بن ماجد: **كتاب الفوائد في أصول علم البحر والقواعد**، تحقيق إبراهيم خوري وعزة حسن، العلوم البحرية عند العرب، ج ١، ق ٢ (دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية، ١٩٧١)، و**الحاوية**، تحقيق وتقديم إبراهيم خوري (دمشق: نشرة الدراسات الشرقية، ١٩٧١)؛ Albert Kammerer, ed. et tr., *Le Routier de dom Joam de Castro: L'Exploration de la Mer Rouge par les Portugais en 1541* (Paris: Geuthner, 1936); Paul Kunitzsch, «Zur Stellung der Nautikertexte innerhalb der Sternnomenklatur der Araber,» *Der Islam*, vol. 43 (1967), pp. 53 ss et vol. 56 (1979), pp. 305 ss;

سليمان بن أحمد بن سليمان المهري، **العمدة المهرية في ضبط العلوم البحرية**، تحقيق إبراهيم خوري، العلوم البحرية عند العرب، تحقيق وتحليل، القسم ١ (دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية؛ المطبعة التعاونية، ١٩٧٠)؛ **المنهاج الفاخر في علم البحر الزاخر**، تحقيق إبراهيم خوري، العلوم البحرية عند العرب، تحقيق وتحليل، القسم ١ (دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية؛ المطبعة التعاونية، ١٩٧٠)، ورسالة **قلادة الشموس واستخراج قواعد الأسوس. تحفة الفحول في تمهيد الأصول في أصول علم البحر. كتاب شرح تحفة الفحول في تمهيد الأصول في أصول علم البحر**، تحقيق إبراهيم خوري، العلوم البحرية عند العرب، تحقيق وتحليل، القسم ١ (دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية؛ المطبعة التعاونية، ١٩٧٢)؛ شهاب الدين أحمد بن ماجد بن محمد السعدي بن ماجد، **ثلاث أزهار في معرفة البحار**، تحقيق ونشر تيودور شوموفسكي؛ ترجمة وتعليق محمد منير مرسي (القاهرة: عالم الكتب، ١٩٦٩)؛ Ahmad Nafis, *Muslim Contribution to Geography* (Lahore: M. Ashraf, [1947]); Robert Bertram Serjeant, *The Portuguese off the South Arabian Coast: Hadramī Chronicles, with Yemeni and European Accounts of Dutch Pirates off Mocha in the Seventeenth Century* (Oxford: Clarendon Press, 1963);

حسن صالح شهاب: **فن الملاحة عند العرب** (بيروت: دار العودة؛ صنعاء: مركز الدراسات والبحوث اليمني، ١٩٨٢)؛ **الدليل البحري عند العرب** (الكويت: مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، ١٩٨٣)، و**طرق الملاحة التقليدية في الخليج العربي** (الكويت: [د. ن.]، ١٩٨٤)؛

Gerald Randall Tibbetts, *Arab Navigation in the Indian Ocean before the Coming of the Portuguese* (London: Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, Sold by Luzac, 1971); Alan John Villiers, *Sons of Sindbad* (Portway - Bath: Cedric Chivers, 1966), and Reinhard Wieber, «Überlegungen zur Herstellung eines Seekartogramms anhand der Angaben in den Arabischen Nautikertexten,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 4, no. 1 (Fall 1980), pp. 23 - 47.

وينبغي أن نعرض، بشكل سريع، الإطار التاريخي والجغرافي الذي اندرجت فيه أعمال هذين البحارين، وأن نشير أيضاً إلى الخطوط البحرية وإلى المراكب التي كانت تسير عليها. وسنذكِّر أيضاً ببعض مفاهيم الملاحة، القديمة منها والحديثة، وبموجز للمصطلحات البحرية. كل هذا ضروري لتتبع عرض وتحليل النصوص أولاً، ومن بعد ذلك، لإدراك أهمية المكتسبات التي أحرزت، بفضل تجارب الملاحة العربية.

أولاً: الوضع التاريخي والوضع الجغرافي

لقد تمت تجربة البحارين ابن ماجد والمهري في إطار جغرافي محدد بإحكام، وهو إطار المحيط الهندي: طريق الاحتكاك التقليدي بين حضارات الغرب (الرومانية ثم العربية) وبين الحضارة الصينية. إنه ميدان الرياح المنتظمة والمتناوبة المسماة بالرياح الموسمية. وهذا ما شجع، بلا انقطاع، المبادلات التجارية الكثيرة النشاط بين شواطئه المختلفة.

تمتد الفترة التاريخية، التي تهمنا في هذه الدراسة، من سنة ١٤٥٠م إلى سنة ١٥٥٠م تقريباً. وهي الفترة المعتبرة إجمالاً كفترة انتقالية بين القرون الوسطى والعصور الحديثة. إنها فترة «الاكتشافات الكبرى» التي أخذ خلالها البحارة البرتغاليون يلتفون حول القارة الافريقية ويدخلون المحيط الهندي الذي ظل خلال أكثر من خمسة قرون ميداناً مقتصراً على البحارة العرب والفرس والهنود والصينيين.

وكان للعرب، في ذلك العصر، نقطتا ارتكاز رئيستان:

ـ الساحل الشرقي الافريقي الذي كان تابعاً لسلطنة عمان مع مرافئه العديدة (التي بلغ عددها ٣٧ على ما يظهر) ومن أهمها مقديشو وماليندي (في كينيا الحالية) وقلوى (تنزانيا) وسُفالة (الموزمبيق).

ـ سلطنة دلهي (ابتداءً من سنة ١٢٠٦م؛ وكانت تسيطر على كل الدكن في سنة ١٣١٠م).

وكان البحارة العرب يتجولون، بفضل الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، بين هذين القطبين، حتى انهم تعدوهما باتجاه المضائق. وقد تجاوز مركب هندي (أو عربي) رأس الرجاء الصالح سنة ١٤٢٠م ودخل المحيط الأطلسي.

وكان هؤلاء البحارة يتلاقون على هذه الطرق مع البحارة الصينيين الذين كانوا يسجلون الانتصارات. فقد مثلت خريطة كورية الرأس الافريقي، منذ سنة ١٤٠٢م. وبدأت سنة ١٤٠٥م الحملات البحرية الكبيرة لأمير البحر الصيني زهنغ هي. وقد وصل هذا الأخير، بعد عدة محاولات، إلى اندونيسيا وإلى الهند، ثم تجاوزهما ووصل إلى افريقيا سنة ١٤١٧. ثم عاد إليها بين سنة ١٤٣١م وسنة ١٤٣٣م.

هل كان المحيط الهندي، إذاً، تحت السيادة الصينية العربية؟ يبدو أن العرب قد حافظوا فيه على وجودهم الذي كان تجارياً بشكل أساسي.

إن إقفال طريق الحرير البرية، بسبب السياسة الانعزالية الكارهة للأجانب التي مارستها أسرة منغ الحاكمة في الصين، سمح للعرب باحتكار التجارة بين الشرق والغرب. وقد استفادوا من هذا الوضع حتى تدخل البرتغاليين.

فقد بدأ هؤلاء يلتفون تدريجياً حول افريقيا، إذ وصل بارتيليمي دياس (Barthelemy Dias) إلى رأس الرجاء الصالح سنة ١٤٨٨م. وتابع فاسكو دو غاما (Vasco de Gama) الطريق شمالاً بمحاذاة الموزمبيق (حيث التقى في كليمان (Quelimane) بأربعة مراكب عربية محملة بالذهب والجواهر والماس والتوابل). وقد قدم سلطان ماليندي، لكي ينافس سلطان مومبازا، لفاسكو دو غاما أحسن قائد بحري في المحيط الهندي، وهو ابن ماجد المعروف بمؤلفاته عن الملاحة منذ سنة ١٤٦٢م. وقد قاد هذا الأخير الأسطول البرتغالي لمدة ٢٣ يوماً إلى كاليكوت (Calicut) (جنوب ماهي (Mahé) في كيرالا الحالية).

إن هذا العمل الباهر يدل على أن من قام به ربان مجرب. لكننا، على الرغم من ذلك، لا نستطيع الجزم بشكل قطعي، بأن من أنجزه هو ابن ماجد نفسه كاتب المؤلفات البحرية. ومهما يكن من أمر، فإن عمل هذا البحار قد أدى، من دون وعي منه، إلى إبعاد العرب عن الملاحة في المحيط الهندي، أو بالأقل، إلى إنهاء سيطرتهم على الملاحة فيه (لأن ملاحتهم لم تزل ناشطة فيه حتى اليوم بين افريقيا الشرقية والصومال وشبه الجزيرة العربية وشبه القارة الهندية وجزر المالديف).

ثانياً: الخطوط البحرية والمراكب

لقد ساعدت ظاهرة الرياح الموسمية في إقامة «خطوط» بحرية منتظمة تم استثمارها من قبل شركات عائلية لتجهيز السفن.

كان البحارة العرب ينطلقون من الموانئ الافريقية، وهي مدن ناشطة ومتنافسة فيما بينها. وكانت رحلتهم تنتهي في ماليزيا، بعد التوقف على الشاطىء الغربي للهند (في غوا أو كاليكوت). أما وصولهم إلى الصين، فهو غير مؤكد (هل كان لهم محطة تجارية في كانتون؟). وكانوا ينقلون من الغرب إلى الشرق العاج والذهب، أي المادتين الأساسيتين لصنع الأصناف الكمالية، بالإضافة إلى العبيد. وتعود هذه السفن محملة بالقطن والحرير والتوابل والأواني الخزفية والصينية.

وكانت الرياح الموسمية تفرض اتجاه السير على هذه الخطوط. فمن تشرين الثاني/ نوفمبر إلى آذار/ مارس تهب هذه الرياح من افريقيا الساخنة إلى الهند الباردة بالاتجاه الشمالي الشرقي. ولكن الشمس تزيد من حرارة الهند، ابتداء من شهر نيسان/ أبريل فتسبب

انعكاساً للرياح الموسمية التي تهب عندئذ في الاتجاه الجنوبي الغربي. ثم تهب هذه الرياح من حزيران/ يونيو إلى أيلول/ سبتمبر على امتداد بحر العرب وخليج البنغال، في جميع الاتجاهات.

وكان هناك نوعان من الرحلات: النوع **الأول** ممثل بالخط البحري الموصل إلى ملقّة. وهو يلتف من بعيد جداً حول جزيرة سيلان لأسباب مختلفة (لا تظهر من بعيد إلا الثلوج التي تغطي التضاريس، أو «البروق الكاذبة» في الليل). بعد ذلك تمتد الطريق البحرية باتجاه جزر نيكوبار، استناداً إلى الأرصاد. أما النوع **الثاني** فهو ممثل بالخط الذي يصل بين الهند وعُمان، في نهاية الفترة التي تهب فيها الرياح الموسمية من الشرق. تتجه السفينة أولاً نحو سوقطرة، التي تظهر في بعض الأحيان قبل ظهور النسائم الأولى للرياح الموسمية ذات الاتجاه المعاكس. عندئذ تجب قيادة السفينة باتجاه الريح نحو شبه الجزيرة العربية. ثم تتواصل الرحلة على طول ساحل شبه الجزيرة العربية. وإذا لم تنجح السفينة في الاقتراب من هذا الساحل وجب الرجوع إلى الهند والانتظار هناك عدة أشهر. وهذا ما يضاعف، بالأقل، طول الطريق الواجب قطعها بالنسبة إلى الطريق المباشر.

أما الخطوط البحرية المستقيمة كتلك التي تصعد البحر الأحمر، فلم تكن الأخطار المحيطة بها أقل أهمية من الأخطار الأخرى.

غير أن مجموعة الخطوط البحرية تتضمن بعض النقاط الغامضة. وذلك أن المخطوطات تجعلنا نتكهن بوجود بعض المحظورات في جنوب شرق سومطرة وما بعد سنغافورة، وفي خليج البنغال والخليج العربي ـ الفارسي. وخلافاً لذلك، فإن صحة أرقام العروض الخاصة بـ لاسوند (La Sonde) وشاغوس (Les Chagos) وپمبا (Pemba)، تدل على وجود خطوط مباشرة بينها من زمن غير بعيد. أما المهري فيقول ما معناه: إن ملاحي المحيط الهندي والنصارى متفقون على تلك القيمة لكن أهل الصين وجاوا وما وراء... الخ. وهذا ما يدل على وجود وثائق مجهولة لا يمكن الاستغناء عنها لإتمام معارفنا. ويجب التنقيب عن هذه الوثائق في الهند والبرتغال.

يتطلب المحيط الهندي، نظراً لخصائصه المناخية، سفناً سريعة السير، قادرة على مواجهة الرياح المعاكسة، وسهلة الحركة باتجاه الرياح.

إن المراكب الشراعية (التي ما زالت مستخدمة حتى اليوم، وهي مصنوعة من خشب الساج، وذات مقدم متطاول ومؤخر مرتفع) والبغلات والسنابك كلها مجهزة بشراع «عربي» مزود بفرمان (وهو نوع من السارية يثبت عليها الشراع)، مصنوع حسب العادات المحلية. إنها سفن فصلية ممتازة طويلة ورفيعة. ونحن نعرف أن السفن في عصر ابن ماجد والمهري كانت قادرة على السير بعكس الريح في نهاية الفصل، أي عندما تكون الرياح خفيفة.

وذلك لكي تستطيع الوصول إلى مينائها دون أن تضطر، بسبب انعكاس اتجاه الرياح الموسمية، إلى التوقف في ميناء أجنبي.

إلا أننا لا نعرف بالتأكيد كيفية بناء وتجهيز هذه السفن التي كانت، مع ذلك، متنوعة. إن الرسوم الأكثر محاكاة لهذه السفن هي، على الأرجح، تلك الموجودة على بعض الخرائط البرتغالية في بداية القرن السادس عشر. ويمكن أن نتعرف فيها على نموذج لجهاز قيادة ما زال مستخدماً حتى اليوم على بعض السفن الكبيرة. ويكون مدير الدفة في هذا الجهاز بجانب الصاري الخلفي تقريباً (في سفينة ذات صاريَين).

ثالثاً: مختصر للمصطلحات البحرية

إشارة أو مَعْلَم: جسم ثابت جيد الرؤية موجود على الشاطىء، يسمح بمعرفة موقع السفينة في البحر.

أسطرلاب: آلة قديمة تستعمل لتحديد اللحظة التي تصل فيها نجمة ما إلى ارتفاع معين فوق الأفق.

رُسوّ: اقتراب السفينة من اليابسة.

زاوية السَّمت: هي الزاوية المحصورة بين المستوي العمودي لنجمٍ ما وبين مستوي خط الزوال في مكان معين يوجد فيه الراصد.

تَمَوُّر: التواء السفينة لتلقي الريح بالتناوب من الجهتين اليمنى واليسرى، وذلك للسير، عادة، ضد الريح.

إحداثيات الأجرام السماوية

طول جرم سماوي: زاوية تحدد مسقط الجرم على سطح (أو مستوي) فلك البروج. وفلك البروج هو الدائرة الكبرى التي ترسمها الأرض على الكرة السماوية في حركتها حول الشمس.

عرض جرم سماوي: زاوية تحدد مكان الجرم بالنسبة إلى الدائرة الكبرى التي يرسمها مستوي خط الاستواء الأرضي على الكرة السماوية.

الأزياج البحرية: جداول تعطي قيم بعض المقادير الفلكية الموافقة لكل يوم من أيام السنة. وفيها على الأخص إحداثيات الكواكب والشمس والقمر.

التقدير أو القطع (حسب تعبير ابن ماجد): طريقة لتحديد موضع السفينة على الخريطة، استناداً إلى مقادير الاتجاه والسرعة والهواء والتيار. ويتم التحقق من هذه النقطة

المقدرة على الخريطة، عندما تسنح الفرصة، بواسطة رصد دقيق على أحسن وجه ممكن للنجوم والإشارات.

قاع جداري أو عمودي: قاع قريب من الساحل يهبط عمودياً في البحر.

مزولة: ساعة شمسية.

مرخي كبير: ريح تدفع السفينة من الخلف، مائلة بالنسبة إلى سير السفينة بزاوية قدرها 30° (من الجهة اليسرى أو اليمنى) (الاصطلاح المستخدم هو: «**مرخي**»: . . . 60° . .).

ارتفاع جرم سماوي: زاوية اتجاه الجرم مع السطح (المستوي) الأفقي لمكان الراصد (الارتفاع + الزاوية السمتية = 90°).

التعليمات الملاحية: مجموعة المعلومات المفيدة في الملاحة الخاصة بالسواحل والرياح والتيارات والإشارات والمنارات.

طول مكان على الأرض: الزاوية الزوجية بين سطح (مُستوي) خط زوال المكان وسطح (مُستوي) خط الزوال الأولي (مرصد غرينتش). وهي تحسب باتجاه الغرب.

عرض مكان على الأرض: الزاوية بين عمود المكان وسطح (مستوي) خط الاستواء. وهي تحسب إيجابياً باتجاه الشمال وسلبياً باتجاه الجنوب. وتحديد موضع السفينة يعني تحديد طول وعرض المكان الذي توجد فيه.

المنزل: وضع الشمس في يوم معين على الكرة السماوية في إحدى مناطق المجموعات البارزة للنجوم، أي البروج (القوس، الدلو، . . .).

مستوي الزوال: هو السطح (المستوي) المحدد بعمود المكان وبمحور دوران الأرض.

زاوية زوالية لجرم ما: قيمة الارتفاع الأقصى لجرم (هو الشمس غالباً) في نقطة معينة وفي يوم معين. وهي تسمح بحساب سهل لعرض موضع السفينة. وهذا مفيد خاصة عندما تكون الطريق البحرية شمالية جنوبية بشكل ملموس.

الميل البحري: وحدة قياس المسافات تستخدم فقط في الملاحة البحرية أو الجوية. وهي المسافة بين نقطتين لهما الطول نفسه، بحيث يكون الفارق بين عرضيهما مساوياً لدقيقة. وهكذا يساوي الميل البحري ما يقرب من ١٨٥٢ متراً.

ملاحة أعالي البحار: هي الملاحة في البحر بعيداً عن اليابسة (دون رؤية الأرض والإشارات).

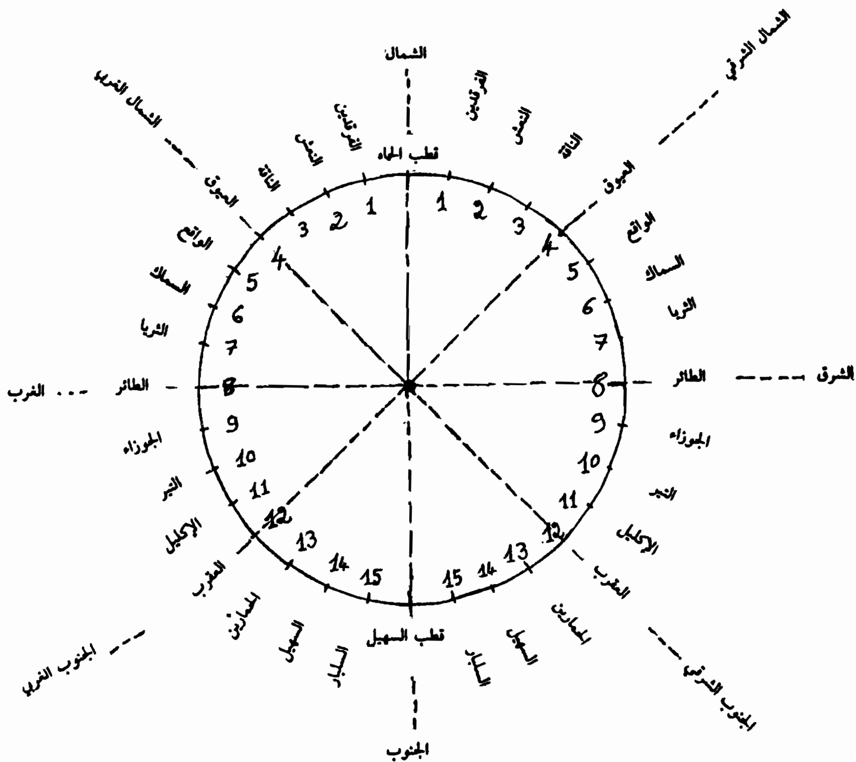
الجوش: الزاوية السفلية الأمامية للشراع.

الدامِن أو الدامَن: الزاوية السفلية الورائية للشراع.

مبادرة الاعتدالين: حركة مخروطية كثيرة البطء لمحور دوران الأرض حول موضع وسطي عمودي على مستوي فلك البروج.

ريح دافعة: ريح تهب من وراء السفينة فتدفعها إلى الأمام.

الخِنّ: هو أحد أجزاء دائرة الرياح التي تقسم إلى ٣٢ خناً، فيكون الخن مساوياً لـ 11°; 15′. أما دائرة الرياح فهي دائرة مرسومة على ميناء الحُقّة (أي البوصلة أو بيت الإبرة). ويتم، بواسطة الأخنان، تحديد وجهات الرياح الاثنتين والثلاثين. تسمى هذه الوجهات بأسماء النجوم، وتقسم إلى مشارق ومغارب. وهي ممثلة على دائرة الرياح كما يلي:



الشكل رقم (٧ ــ ١)

دائرة الرياح العربية مع أسماء وجهات الرياح.

رابعاً: مبادىء الملاحة الفلكية الحديثة

سنلقي فيما يلي نظرة على الطرائق المهمة التي كان البحارة يستخدمونها لتحديد موضع السفينة حوالى سنة ١٩٥٠، أي قبل اللجوء إلى الاستعمال المكثف للأجهزة اللاسلكية الكهربائية في الملاحة. وهذا ما قد يعطي القارىء غير المطلع على المعارف الملاحية بشكل خاص، صورة أوضح عن المستوى التقني لمعاصري ابن ماجد.

١ ـ الملاحة على مرأى من اليابسة

يقام بعملية تثليث لتحديد موضع السفينة بشكل صحيح. وذلك بقياس زوايا السمت لثلاث إشارات (إذا أمكن) بواسطة البوصلة، وبنقل النتيجة على الخريطة للحصول على مثلث. ويجب أن يكون هذا المثلث صغيراً بقدر المستطاع لكي يكون تحديد موضع السفينة جيد الدقة.

٢ ـ الملاحة على غير مرأى من اليابسة

إذا كانت السفينة تجري وسط الضباب، أو ليلاً بمحاذاة ساحل من دون أضواء أو في أعالي البحار، يرسم مسارها استناداً على آخر نقطة أكيدة بواسطة التقدير أو «القطع» حسب تعبير ابن ماجد. فتصبح وجهة السفينة وسرعتها (على سطح البحر) مقدرتين، وكذلك تقدّر وجهة وسرعة الريح ووجهة وسرعة التيار عند اللزوم. إن هذه النتيجة تقريبية، بطبيعة الحال، ويجب التحقق من صحتها عندما تسنح الفرصة بواسطة الرصد: رصد الإشارات على الساحل عندما يصبح الشاطىء مرئياً، أو رصد الأجرام السماوية.

تستخدم، عادة، في الملاحة الفلكية طريقتان.

يتم تحديد موضع السفينة بواسطة القياسات التي تجرى على ثلاثة أجرام سماوية معتبرة كإشارات. ويحدد ارتفاع كل جرم بواسطة السدسية، ويستنتج من ذلك، بواسطة الازياج البحرية، ملتقى هندسي للنقاط التي يرى منها الجرم بالارتفاع نفسه في اللحظة نفسها. ويمثل هذا الملتقى بشكل تقريبي على الخريطة بخط مستقيم. فإذا قيست في آن واحد ارتفاعات ثلاثة أجرام متباعدة عن بعضها البعض بـ 120° إذا أمكن، نحصل على مثلث، كما رأينا في حالة الإشارات. ويرتبط اتساع المثلث، وبالتالي ترتبط دقته، بدقة القياس المنجز على السدسية. وهذا ما يتعلق بأمور عديدة منها وضوح الجرم، ووضوح خط الأفق (ليلاً، أو نهاراً وسط الضباب) وانعكاس الضوء وثبات السفينة وثبات يدي مدير السدسية. . . الخ. ومجمل القول ان دقة هذا القياس غير محققة.

أما بالنسبة إلى المسارات البحرية الشمالية الجنوبية، فالمهم هو تصحيح القيمة المقدرة

للعرض (إلا في حالة وجود تيار قوي مائل). إن أسرع طريقة متبعة لأجل ذلك هي الطريقة الزوالية التي نعرضها فيما يلي. يصوب مدير السدسية آلته نحو جرم سماوي في لحظة مروره بالأوج اليومي (حسب الأزياج) في مستوي زوال المكان المعين. ويقيس ارتفاع الجرم، فيحصل بحساب بسيط على عرض مكان الرصد. إن هذه الطريقة أكثر دقة، بشكل عام، إذا طبقت على الشمس عند الظهر الحقيقي، وخاصة للارتفاعات المعتدلة (التي هي أقل من 45°).

وهكذا تتضح لنا الآن الأهمية التي يعلقها البحارة في كل العصور على رصد الإشارات وعلى قابلية الرؤية وعلى ارتفاع الأجرام السماوية وعلى زاوية الزوال.

كان معاصرو ابن ماجد والمهري يستخدمون، استناداً على نفس هذه العناصر، طرائق أقل بساطة من تلك المعروضة أعلاه. لم يكن لديهم سبيل، في أول الأمر، إلى تحديد موضع السفينة على الخريطة، لأن هذه الأخيرة («دليل السواحل») كانت شبيهة بالخرائط البحرية الحالية ذات السلم الكبيرة (تسمح هذه الخرائط برسم مسار تقريبي ينقل بعد ذلك على خرائط تفصيلية ذات سلم صغيرة). وكان البحارة، في الملاحة على مرأى من الساحل، يستخدمون تقديراتهم الخاصة (السرعة، فترة الانسياق مع التيار) التي كانوا يقارنونها بالنصوص (كأشعار ابن ماجد مثلاً) المستخدمة كتعليمات بحرية: «. . . للذهاب من عدن إلى غوا خذ الاتجاه كذا حتى النقطة كذا حيث تجد ريحاً بوجهة كذا في وقت كذا من أوقات السنة. خذ عند ذلك وجهة كذا إلى أن تقيس ارتفاع كوكب معين بقيمة كذا الموافقة لمكان الرسو في غوا. عندئذ انحرف نحو الشرق لتعويض ابتعادك عن المسار المضبوط، تبعاً لارتفاع الكوكب المقاس كل ليلة. إبدأ بعد فترة كذا من اتباع المسار إرم البلد (أي اسبر عمق البحر). . .».

وهكذا نرى أن مفهوم النقطة الحديث لم يكن ملائماً بسبب نقص المستندات الدقيقة: الخرائط وآلات القياس، والأزياج. لقد أوصل ابن ماجد، بالرغم من ذلك، فاسكو دو غاما، عن طريق البحر، من ماليندي إلى كاليكوت (بالقرب من موقع ماهي، المحطة التجارية الفرنسية القديمة) بعد رحلة دامت ثلاثة وعشرين يوماً.

خامساً: مصادر الدراسة الخاصة بعلم الملاحة العربي

لقد وضحنا أعلاه أن هذه الدراسة لا تهدف إلى عرض تفصيلي للمعارف العربية في الملاحة، بل إلى تلخيص تجارب ملاحين عربيين. لقد جرت هذه التجارب في القسمين الشمالي والغربي من المحيط الهندي ـ وتعدى ميدانها هذه المنطقة بالنسبة الى ابن ماجد ـ خلال الفترة الممتدة بين سنة ١٤٥٠ وسنة ١٥٥٠ ميلادية. وقد اعترف ابن ماجد نفسه، وهو أبرز الذين تمكنوا من هذه المعارف، بنسبية هذه الأخيرة. ونصح مواطنيه في المحيط

الهندي، وذلك نتيجة لتعاونه مع البرتغاليين على الأرجح، باتباع مدرسة الفرنجة التي بدأ يأتي منها العلم والفن في الملاحة.

كان الجانب التقني من هذه التجارب مبنياً بشكل أساسي على الملاحظة والاختبار والتطبيق العملي. وقد عرضت هذه التجارب بالتفصيل في عدة مخطوطات محررة بين سنة ١٤٦٠ وسنة ١٥٥٠ تقريباً. ولقد حصلنا على نسخات من هذه المخطوطات الأصلية، واستخلصنا منها أكثر الشروحات التي تشكل مادة هذا المقال.

كان ابن ماجد والمهري كلاهما ربانين. وصل الأول إلى قمة فنّه سنة ١٤٩٦ (حملة فاسكو دو غاما التي ربما كان ابن ماجد قائدها) وعاش اقتحام البرتغاليين لـ «البحيرة العربية». أما المهري فهو تلميذ للأول. وقد توفي، وفقاً لمختلف الفرضيات، بين سنة ١٥١١ وسنة ١٥٥٤ ميلادية، لذلك يصعب تعيين تاريخ مؤلفاته وخاصة أن بعض هذه المؤلفات يتضمن استشهادات لبعضها الآخر.

١ ـ المخطوطات المستخدمة

لقد استندنا على ثلاث مخطوطات:

ـ نسخة عن المخطوطة ذات الرقم ٩٩٢ لإبن ماجد (من ٨٢ظ إلى ١٠٦و، الدراسات الشرقية لأكاديمية العلوم في بطرسبرج).

ـ المخطوطة ذات الرقم ٢٢٩٢ في المكتبة الوطنية في باريس؛ وهي تحوي مؤلفات لابن ماجد.

ـ المخطوطة ذات الرقم ٢٥٥٩ في المكتبة الوطنية في باريس؛ وهي تحوي مؤلفات لابن ماجد وللمهري.

ليست هذه المخطوطات إلا نسخات عن مخطوطات أخرى أصلية. وهي تتضمن بعض الفروقات فيما بينها (عندما تكون المقارنة ممكنة بين نصين). وقد ذكرت فيها أسماء كتب ما زالت مجهولة حتى اليوم.

٢ ـ مصنفات أخرى لعلم الملاحة العربي

كان المحيط الهندي ميداناً للّقاءات المتكررة وللتعاون والتبادل أيضاً، بين البحارة. لذلك فإن حدود «المعارف العربية» في الملاحة غير واضحة بالدرجة التي يتمناها المرء: هل يكون قسمٌ مهم من هذه المعارف مأخوذاً عن البحارة الصينيين؟ هل استعانت المؤلفات البرتغالية الملاحية، الكثيرة في القرن السادس عشر، جزئياً بما تركه ابن ماجد ومعاصروه؟

ويمكن أن نقول أيضاً إن علم الملاحة يتجاوز العصور ويسمو فوق التبعيات. إنه كنز

مشترك مأخوذ عن الأسلاف والمنافسين تنميه كل الأجيال. لكن تفوق البحارة العرب، في المحيط الهندي طيلة عدة قرون، يعزز في هذا العلم مكانة المعارف التي نقلها ابن ماجد والمهري.

ونلاحظ من ناحية أخرى أن أغلب مؤلفي الكتب، المنشورة باللغة العربية في القرن العاشر، من أصل أجنبي. وتشير كتب الملاحة العربية بنفسها إلى الاختلافات بين العرب والهرموزيين والهنود. . . وكانت كتب الفلك المسماة بكتب السند معروفة في بلاد الأندلس قبل زمن ماركوبولو. وقد أشار هذا الأخير إلى طرائق البحارة في الشرق الأقصى وإلى الوثائق التي كانت بحوزتهم. كما كانت هناك خرائط صينية وجاوية.

وهكذا يتوجب علينا أن نقارن بين الكتب الملاحية العربية وكثير من الكتب الملاحية الأخرى. لقد استفاد البرتغاليون من كل هذه المراجع التي وجدوها، وأغنوها بملاحظاتهم الخاصة: «هناك أكثر من ٤٧٠٠ وثيقة كتبت كلها تقريباً باللغة البرتغالية، خلال الفترة القصيرة الممتدة من سنة ١٥٣٨م إلى سنة ١٥٥٢م، ولم تزل بمجملها غير منشورة» (وهذا النص مأخوذ من كتاب ج. أوبين: **بعض الملاحظات حول دراسة المحيط الهندي خلال القرن السادس عشر**).

وهكذا يجب أن ترتكز دراسة تعليمات ابن ماجد والمهري على المقابلة بين مجموعة من النصوص المكتوبة في أزمنة مختلفة.

٣ ـ مناقشة المراجع

سنقوم فيما يلي بشرح تعليمات ابن ماجد والمهري. وسيتضمن شرحنا في بعض الأحيان تساؤلات حول أصالة المخطوطات، أي حول مطابقتها للنسخات الأصلية. لذلك يجب علينا في أول الأمر أن نحل مشكلة المصطلحات اللغوية.

لقد حررت هذه التعليمات بعبارات كثيرة الغموض حسب رأينا، مع أن هذه العبارات أكثر دقة من بعض المصطلحات المستخدمة حالياً. وقد حافظت بعض المصطلحات على نفس المدلول قديماً وحديثاً بفضل ثبات اللغة العربية عبر العصور. فكلمة «الجوش» لم يتغير مدلولها قديماً وحديثاً. وكذلك هي الحال بالنسبة إلى كلمة «الدامن». والأمثلة على الغموض في معاني المصطلحات كثيرة، فاليمين واليسار، مثلاً، يدلان على الاتجاه نفسه في بعض الحالات.

ولكن كيف يجب أن نقرأ ما كتبه ابن ماجد والمهري؟ وإلى أي حد يتوجب على القارىء المجرب أن يشكك بما يؤكدان؟ وقد يساعد التعرف على شخصيتي المؤلفين وعلى أعمالهما (لدينا لهما أكثر من أربعين من المؤلفات المتنوعة) في اتخاذ موقف من هذه القضية. ونشير بهذا الصدد إلى التحاليل المفصلة التي أنجزها ج. فرّاند (G. Ferrand)

وإبراهيم خوري، وج. تيبتّس (G. Tibbets)[١].

ينجذب القارىء البحار، في بادىء الأمر، بأسلوب المهري التعليمي الواضح المبسط، بينما يظهر ابن ماجد مدعياً مضطرباً. لكن التحقق العلمي من أقوال الكاتبين وتعوُّد ابن ماجد على ممارسة الملاحة يقودان القارىء، بعد ذلك، إلى النتيجة: لقد جاب ابن ماجد البحار أكثر بكثير مما فعل منافسه ابن المهري. ويمكن عندئذ أن يظهر لنا هذا الأخير كحكيم مندفع بحب الاطلاع على المسائل البحرية، لكنه ملاح رديء. أما ابن ماجد، فقد يظهر لنا بمظهر «القبطان ماريوس» المشهور بحديثه الدائم عن مغامرات بحرية لم يقم بها، لكنه بالتأكيد بحار ممتاز.

إن هذه الكتب، المخصصة كما يبدو لتكوين الربابنة، تضع القارىء أمام صعوبات عديدة، إذ يجد فيها، على سبيل المثال، قصائد يلمح فيها الكاتب بشكل غير واضح إلى التعليمات الملاحية. ويترك الكاتب للقارىء الخبير الحاد الذهن مسألة التكهن بالبقية.

وقد تساعد الاجتهادات في التفسير، من ناحية أخرى، في إغناء البحوث اللازمة لتقرير أصالة بعض النصوص، إذ نجد في **السفالية** مثلاً، وهي اسم أحد النصوص الملاحية الثلاثة الموجودة في المخطوطة ذات الرقم ٩٩٢، بعض الفقرات التي تبدو مزورة، وذلك بسبب أغلاط ملاحية فاحشة لا يمكن أن يكون ابن ماجد قد ارتكبها، ولا يمكن أن تعزى إلى سهوٍ من قبل الناسخ. وهناك نصوص أخرى تظهر فيها محاولات مماثلة لـ «تقليد ابن ماجد».

ونلاحظ أخيراً أن ابن ماجد، وهو الخبير التقليدي، يبقى صامتاً حول نظرية العرض المستخرج من الزاوية الزوالية (مع أنه يشير إلى جداول الميول الزاوية). أما المهري فهو يعرض بمهارة هذه النقطة، ولكنه ينسى أن يعدل صيغة الارتفاعات لتلائم المناطق الجنوبية: وهذا يدل على أنه لم يتجاوز خط الاستواء، مما يفسر بعض النتائج التي قدمها.

إن دراسة أعمال ابن ماجد والمهري تؤدي بنا إلى التساؤل حول موضع الحد الفاصل بين العلم والتجريبية. لقد قام ابن ماجد، وهو البحار التجريبي التقليدي، بتجارب حقيقية خلال فترة طويلة من الزمن. فهل يجب أن نضع هذين الربانين في مصاف رجال العلم؟ يمكننا بالتأكيد أن نعطي المهري صفة العالم المهتم بالمسائل الملاحية. أما ابن ماجد، فهو الحرفي التقليدي الذي بلغ قمة فنه، على الرغم من العيوب المؤكدة التي اعتورت شخصيته.

---

(١) انظر المراجع في بداية الفصل.

سادساً: وسائل الملاحة العربية

لن نقوم هنا بعرض كامل لعلم الملاحة العربي، بل بمحاولة تقدم جزئي في معرفة هذا العلم. وسوف يقتصر عرضنا في أغلب الأحيان على تخمينات، لأن نواقص هذا العلم نفسه كثيرة، وهو يخلو من التماسك العام.

ويجدر بنا أن لا نتخيل الملاحين العرب، وابن ماجد خاصة، يتصرفون كضابط البحرية الحديث المكلف بقياس مواقع الإشارات والنجوم، حتى ولو كان ذلك بالدقة النسبية التي كانت ممكنة في عصرهم، وبنقل القياسات على شكل مثلث على خريطة لتعديل الموضع المقدر للسفينة.

لقد استفاد ابن ماجد من تجربته الخاصة ومن تجارب من سبقه، فمارس ما يمكن وصفه بـ «التقدير المحسن». لم تكن الخرائط مستخدمة على الأرجح إلا كموجزات للمسافات بين الأماكن الأرضية، وللاتجاهات العامة للسواحل ولمواقع المرافىء. والسبب هو أنها لم تكن تسمح بأحسن من ذلك. وكانت ارتفاعات النجوم تساعد على تحديد موضع السفينة في منطقة معينة. وكان تحديد «التقدير» يتم بفضل «التعليمات الملاحية» وبفضل خبرة وحدس الربان. إن ثبات الرياح في المحيط الهندي وانتظام الرياح الموسمية فيه وسائر الحسنات الأخرى المذكورة آنفاً تزيد من فائدة التخمين الجيد لقوى واتجاهات الرياح والتيارات.

١ ـ القياسات المستخدمة

ما هي وسائل القياس التي كان يستخدمها العرب في عالم لم يكن قد حظي بالتأثير الموحد الذي أحدثه النظام المتري في مختلف العلوم؟ لقد استعملوا بشكل أساسي الأصابع والأزوام والترفات. وكما هي الحال في العصر الحديث، كان قياس الارتفاع يسمح بتحديد المسافة، وكانت الأزوام والترفات تحدد بالنسبة الى الأصابع. لكن مفهوم وحدة القياس الثابتة لم يكن مألوفاً في الأذهان في ذلك العصر. وهذا ما شكل عقبة كبرى. ولقد زاد من أهمية هذه العقبة فقدان آلات القياس ذات الدقة الكافية، مما أعاق تبني منهج علمي حقيقي. ولكن أهمية ثبات وحدة القياس ليست في الواقع إلا نسبية، إذ إن قيم التغيرات التي تطرأ عليها لا تتعدى دقة الأرصاد.

أ ـ الأصابع والذُبّان

كانت الأصابع تقاس بواسطة «الخشبات» (انظر الفقرة ٣ ـ الآلات ضمن هذا القسم

من هذا الفصل) التي كانت تسمح بقياس أقصى لا يتعدى 12 إصبعاً، أي ما يعادل 20 درجة. وهكذا لم يكن بالإمكان إلا قياس الارتفاعات المنخفضة.

وقد تم استخدام الإصبع والشبر والذراع والقدم. . . كوحدات لقياس الطول من قبل العديد من المجموعات الإنسانية. ولكن أليس قياس «الأصابع»، وهي الزوايا الشديدة الدقة، على لويحات مهيأة بواسطة السكين، عملية صعبة التحقيق؟ إذ قد تصل قيم بعض الارتفاعات الدقيقة إلى أقل من 20 دقيقة (والحالات التي تقل فيها هذه القيم عن 5 دَقائق ليست نادرة).

وهكذا يتم اللجوء إلى القياس اليدوي الذي يسمح بتعريف الذبان، وهو معيار تقريبي، يساوي زاوية تغطى بأربعة أصابع (كان البحارة في عصر ابن ماجد يستطيعون بالتأكيد الحصول على معيار الأصابع الأربعة بواسطة دوران النجم القطبي ـ لو كان قطره لا يتغير مع الزمن ـ وعلى كل حال كان يمكن الحصول على نظام للمراجع ثابت في السماء، إذ إن المسافات الزاوية بين أغلب النجوم تبقى ثابتة طيلة عدة قرون).

وردت كلمة الذبان كإسم لنجم يرى في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، وكاسم لنجم آخر هو أ ـ العيوق (أي النجم الأكثر إضاءة في مجموعة العيوق). وهذا الأخير هو نجم ابن ماجد المفضل. يقول ابن ماجد: «العيوق. . له ذبان على شرقه وجنوب الذبان نجم على قدره يسمى ذبان الذبان». وتفصل هذين النجمين عن بعضهما مسافة أربعة أصابع.

ولكن ابن ماجد لم يشر أبداً بوضوح، إلى مقاييس الخشبات. وذلك بعكس المهري الذي قال ما معناه: إن خشبة الذبان القياسية توافق المسافة بين أ ـ العيوق والذبان عندما تكون هذه الأخيرة في أوجها في برج الأسد. أما الخشبات الأخرى فيجب تقسيمها حسب هذا المعيار لكي تكون صحيحة. إن الذبان وحدة قياس زاوية، لذلك هي تضمن نتائج أصح من تلك التي نحصل عليها بالقياس اليدوي.

تساوي المسافة الزاوية بين أ ـ العيوق وب ـ العيوق $7° 36'$، أما المسافة الزاوية بين ب ـ العيوق وج ـ العيوق فهي $7° 42'$. ونلاحظ عدم وجود مَثَل لقياسات دقيقة بواسطة الخشبات، إلا لنجوم موجودة في مستوٍ عمودي عند بلوغها ارتفاعاً معيناً. ونلاحظ أيضاً أن أ ـ العيوق وب ـ العيوق موجودتان في بلاد المهري في مستوٍ عمودي على ارتفاع يقارب $30°$. لذلك فإن قيمة الذبان محددة بشكل جيد وتساوي أربعة أصابع، حسب رأي

الشكل رقم (٧ ـ ٢)

(ملاحظة: النسب بين الأطوال مبالغ بها في هذا الشكل).

المهري على الأقل. وتبلغ هذه القيمة إذا قيست بواسطة الخشبات 40′؛6° (انظر الشكل رقم (٧ ـ ٢)). وهي تنقص بمقدار درجة واحدة تقريباً عن القيمة الحقيقية (التي تبلغ 36′؛7°). وهذا يعني أن طول الذراع يتقلص من h1 إلى h2. ولقد قمنا بإدخال عدد من التعديلات على قيم الزوايا الزوالية (كما أوردها ابن ماجد) لبعض النجوم وذلك رغبة في الوضوح والوصول إلى معادلة بين الأصابع. ولقد أخذنا بعين الاعتبار، وفقاً للطرق الحديثة، الانكسار (تغيير اتجاه الأشعة عند اجتيازها لطبقات الجو)، والارتفاع الحقيقي (ارتفاع نقطة الرصد فوق البحر يؤثر على القيمة المقاسة لارتفاع النجم)، والنجم القطبي (النجم القطبي لا يوجد في اتجاه الشمال الحقيقي، والارتفاع الحقيقي للنجم القطبي مع الزاوية الزوالية يسمح بحساب عرض المكان). تمكّن هذه النتائج الحسابية من وضع «جدول الأصابع» التالي:

عدد الأصابع	القِيَم	الفوارق	تصحيح انكسار الضوء	القِيَم الحقيقية لارتفاع النجم القطبي من عُلُوّ ٥م	التصحيح القطبي	ارتفاع النجم القطبي
1	2°54′		20′	2°34′	3°31,8	6°05,8
2	4°33′	1°39′	15′	4°18	3°31,8	7°49,8
3	6°17,5	1°44,5	12′6	6°04,9	3°31,8	9°36,7
4	7°55	1°37,5	11′	7°44	3°31,8	11°15,8
5	9°25	1°30	10,2	9°14,8	3°31,8	12°46,6
6	11°07,5	1°42,5	9,3	10°58,2	3°31,8	14°30
7	12°49,8	1°42,8	8,6	12°41,2	3°31,8	16°13
8	14°20,3	1°30,5	8,1	14°12,2	3°31,8	17°44
9	15°45,9	1°25,6	7,7	15°38,2	3°31,8	19°10
10	17°15,7	1°29,8	7,5	17°08,2	3°31,8	20°40
11	19°00,3	1°44,6	7,1	18°53,2	3°31,8	22°25
12	20°22,8	1°22,5	6,7	20°16,2	3°31,8	23°48

الجدول رقم (٧ ـ ١)

قِيَم الأصابع بالدرجات مع العُروض (أو ارتفاعات النجم القطبيّ) الموافقة لها.

لقد استخدمنا أرصاد النجوم التي أوردها ابن ماجد، وتركنا جانباً الأرصاد غير المؤكدة التي أوردها المهري بالرغم من المزايا العلمية لهذا الأخير (إلا عند توافقها مع أرصاد ابن ماجد).

إن هذا الجدول نتيجة لعدد كبير من المقابلات بين الزوايا الزوالية لنجم القطب الشمالي خاصة ولنجم القطب الجنوبي ولنجم أ ـ النهر (السلبار)، ولبضعة نجوم أخرى مزوجة ومعتبرة شبه زوالية. إن معدل القيم بين الدرجة الثانية والدرجة الثانية عشرة يساوي 1°36′ وهو العدد الذي أعطاه البرتغاليون. أما الكبر الزائد للإصبع الأول فيمكن إرجاعه إلى عدم وضوح الأفق ليلاً، إذ إنه يدفع إلى المبالغة في رفع الخشبات فوق الأفق، للتمكن من التمييز جيداً بين الأفق والقسم الأسفل من الخشبات. وتبدو هذه الفرضية مؤكدة، إذ إن القياسات الخاصة بالنجوم المزوجة الكبيرة الجنوبية، تزيد عن القيم الحقيقية بشكل مفرط

(بمقدار يصل إلى الدرجة في بعض الأحيان). إن الإرتفاعات الكبيرة لهذه النجوم لا تسمح بقياسها بواسطة الطريقة الزوالية، وذلك أنه ينبغي قياس السهيل والمعقل، حسب قول ابن ماجد، في الإقليم الأول الشمالي، في ضوء القمر، وفقاً للترتيبات الخاصة بنجوم الجنوب. إن وضوح خط الأفق في ضوء القمر يجنب بالفعل الإفراط في رفع الخشبات، وبالتالي المبالغة في قيمة الارتفاع.

يفاجأ القارىء العصري بعدم تساوي الأصابع في هذا الجدول، ولكن العرب في ذلك العصر لم يطرحوا للبحث قضية اختلاف الأصابع في القيمة. وقد يسمح التحليل الدقيق للنصوص بتصحيح بعض قيم الارتفاعات فقط، ولكنه لا يسمح بتصحيحها كلها، لذلك فضلنا عدم إدخاله في هذه الدراسة خوفاً من إثقالها دون رفع قيمتها.

ب ـ الأزوام

الزام هو الوحدة التي كانت مستخدمة في حساب المسافات المقدرة. وقد عرفه المهري بشكل واضح: «الزام على قسمين عرفي واصطلاحي. فالعرفي هو قطع جزء من ثمانية أجزاء من مسافة يوم وليلة. والاصطلاحي هو قطع جزء من ثمانية أجزاء من مسافة ارتفاع كوكب أو انحطاطه إصبعاً بِجَزيك إليه أو عنه فرضاً أو استعمالاً...».

ويصف المهري، في نص آخر، الزام المقاس بأنه «حقي» (وهذا صحيح إذا تم القياس باتجاه خط الزوال، والمهري كان على الأرجح واعياً لذلك؛ أما ابن ماجد فكان يعتقد في بداية تجربته أن القياس صحيح مهما كانت قيمة زاوية سمت النجم، شريطة أن يكون النجم في اتجاه محور السفينة، وهذا غير صحيح رياضياً). ويوضح المهري أن الزام العرفي يتطلب رياحاً ثابتة ذات قوة متوسطة، ولكنه لا يشير إلى «الزام الجامع» الذي يتحدث عنه ابن ماجد بكثرة، وخاصة على الشكل التالي بما معناه: القيمة الصحيحة للزام الجامع تفوق قيمة زام الطرقات ومقدار المسافة المقطوعة فعلياً. وهذا ما يجعلنا نشك بصحة بعض المسافات المقدرة.

أراد ابن ماجد أن يعرف «الزام الجامع» كوحدة قياسية، فهو يقول ما معناه: هذا هو عدد الأزوام في مدة ثلاث ساعات من الملاحة العادية؛ وعلى القارىء أن يعد له عند اللزوم.

وهكذا نرى أن «الزام الجامع» قريب من «الزام العرفي» الذي تكلم عنه ابن المهري، ولا سيما أن ابن ماجد يميز أيضاً بين الزام الطويل والزام القصير، مع العلم أن الزام الطويل يتحقق عندما يكون البحر تام الهدوء ومن دون تيارات.

ولكن استخدام ابن ماجد لهذه العبارات عند كلامه عن بعض المناطق وفقاً للأقاليم الحاوية لها، هو الأقل توقعاً منه.

يربط ابن ماجد في مقطع ورد في **دريبة الدرائب** بين تغيرات ارتفاعات بعض النجوم وهذه المسافات (التي هي من المفروض أن تقاس بواسطة الرصد الفلكي، بعيداً عن خط الزوال، وهذا ما يفرض الحصول على مركبة في الطول!). يقول ابن ماجد في هذا المقطع ما معناه: إن المسافة المقدرة للخن الأول طويلة. . . لا نحسبها من هدماتي إلى ملوك (من ′2°35 إلى ′1°50 شمالاً في جزر المالديف) كما حسبناها من باب المندب إلى الزقر، أو كما حسبناها من موروتي إلى براوة (الصومال الشرقية).

توجد اختلافات كبيرة بين المسارات المذكورة أعلاه. فأقصر مسار بينها موجود في الصومال، حيث تهب الرياح الموسمية الندية المنتظمة من الشمال الشرقي، مع تيار قوي دافع. هذه الرياح موجودة طيلة فترة طويلة من السنة تصلح خلالها الملاحة في تلك المنطقة. أما المراكب الشراعية فتبحر جميعها في بداية الرياح الموسمية الجنوبية الغربية لأنها تكون خفيفة، فتتجنب التعرض لها عندما تصبح عنيفة فيما بعد.

ولقد زاد تعدد المسارات المذكورة من قبل المؤلفين من الغموض في تعريف وحدة القياس. يقول ابن ماجد مثلاً ما معناه: من نقطة معينة في الصومال إلى عدن هناك 20 زاماً، أو أقل من ذلك أحياناً إذا كان الطقس صافياً وكانت الرياح الموسمية شرقية.

وهذا ما يبين أن المسافات لم تكن تقاس بالضرورة بين الخط العمودي لنقطة الانطلاق والخط العمودي لنقطة الوصول. ولم يكن لذلك تأثير سلبي على قياس المسارات الطويلة، بل إن ذلك يقدم لنا في بعض الأحيان تفسيراً لقيم السرعة التي تتعدى الحد المعقول في بعض المسارات القصيرة.

تتحدث المخطوطات الثلاث: **الدريبة** (وهي غير مؤرخة) **والذهبية والحاوية**، بطريقة مشابهة لما سبق، عن المسافات المقاسة بالزامات المتغيرة (غير المقبولة كما نعرف لأنها لا تأخذ بعين الاعتبار إلا تغير العرض). لقد كتب ابن ماجد **الحاوية** في بدء عهده بالمهنة، وتكلم عن كبر سنه في بداية **الدريبة**. فهل استمر في ارتكاب نفس الغلطة طوال ممارسته للمهنة؟ ولم يفهم العلاقة التي تربط الارتفاع بالطول؟

إن العلاقة بين المسافة والوقت نسبية، ولكن هذا لا يقلل من احتمال كون الزام النظري الموافق لثمن الإصبع، مساوياً حسب تقديرنا لاثنتي عشرة عقدة.

أما المهري فقد حدد «القيمة الرياضية للزام»، بالنسبة الى الإصبع، قائلاً ما معناه: إن علماء الفلك يعرفون جيداً أن دورة النجم القطبي (التي هي عيار مساوٍ لأربعة أصابع بالنسبة الى البحارة) تساوي 6 درجات و6/7 الدرجة (وهذه القيمة صحيحة لسنة ١٥٠٥م). لذلك فالإصبع يساوي درجة واحدة و5/7 الدرجة، والدرجة تعادل ثلثي الزام. وهذا ما يعطي قيمة مقبولة للزام الواحد تساوي 12,82 عقدة.

ج ـ الترفات (والانحرافات)

الترفة هي المسافة التي ينبغي قطعها في خن معين لكي تتغير قيمة الزاوية الزوالية بمقدار إصبع واحد.

هنا أيضاً نجد أنفسنا أمام مفهوم غير مقبول، وهو مفهوم الوحدة ذات القياس النسبي. لكن هذا المفهوم كان يبدو طبيعياً في ذلك العصر في بيئة الملاحين التي تعودت الاعتماد فقط على ملاحظة المعطيات المحسوسة بعيداً عن التجريد.

وكانت الترفات تصنف حسب ميلها بالنسبة الى خط الزوال، أي حسب اتجاه السفينة: الترفات الأقل ميلاً (من خن واحد إلى خمسة أخنان) كانت تسمى **الرحويات**، أما الأخرى فكانت تسمى **الصقاقات**. ولقد ذكرها ابن ماجد على الأخص عند كلامه عن الطرقات البحرية ذات الاتجاهات القريبة من الغرب أو من الشرق (أي عند كلامه عن القيمة المشكوك بصحتها للمسافة المقدرة لبعض الاتجاهات) فقال ما معناه: تقديرات **الرحويات** أفضل، وخاصة إذا تلاءمت مع الرصد، أما بالنسبة الى الصقاقات، فالارتفاعات وحدها هي الأفضل. وهذا ما هو منطقي بشكل كافٍ بسبب عدم جدوى رصد الزاوية الزوالية عندما ينحرف الاتجاه نحو الشرق أو نحو الغرب.

لنذكر أيضاً المناكب («الانحرافات» و«المائلات»، أو الوجهات الموجودة بين الوجهات الرئيسة المتعارف عليها في أوروبا) التي تمثل المسافات بين خط الزوال والنقط الموجودة في اتجاه الشرق أو الغرب.

لقد جمعنا في جدول الترفات الوارد أدناه قيم المسافات المقدرة التي وجدناها مبعثرة في مؤلفات ابن ماجد والمهري:

الخن	القيمة الصحيحة	القيمة القديمة	ابن ماجد	القيمة الواردة في «التحفة»	القيمة الواردة في «شرح التحفة»	المهري
القطب	٨	٨	٨	٨	٨	٨
الأول	٨,١٦	١٠	١٠	٩	٩,٦	١٠
الثاني	٨,٦٥	١٢	١٢	١٠	١١,٤	١٢
الثالث	٩,٦٢	١٤	١٤	١١	١٣,٤	١٤
الرابع	١١,٣٢	١٦	٦ إلى ١٦	١٢	١٦	١٦
الخامس	١٤,٤	١٨ إلى ٢٠	١٨ إلى ٢٠	٢٠	٢٠	١٩

يتبع

تابع

السادس	٢٠,٩	٢٢ إلى ٢٥	٢١ إلى ٢٥	٢٠	٣٥	٢٤
السابع	٤١	٣٠ إلى ٤٠	٣٠ إلى ٤٠	٣٥	٤٢	٤٠
بين السابع والثامن	٨٣	٣٠ إلى ٥٠	٤٠ إلى ٥٠	٦٦	٧٢	؟
الثامن	لانهاية	٤٠ إلى ٦٠	٥٠ إلى ٦٤	لانهاية	لانهاية	لانهاية

الجدول رقم (٧ ـ ٢)
الترفات (المحسوبة بالأزوام).

كنا نتوقع أن تتضح في هذا الجدول دون التباس رؤى هذين المؤلفين النظرية للأشياء. غير أننا نفاجأ بالقيمة المحدودة المعطاة للترفات باتجاه الشرق أو الغرب، إذ إنها لانهائية.

لقد رأينا أعلاه أننا لا يمكن أن نؤرخ بدقة مؤلفات المهري، وبالتالي لا يمكن أن نحكم على كيفية تطور تجربته. وهو يكتفي غالباً برواية المعلومات المأخوذة عن مختلف البحارة دون أن يتحقق من صحتها. وقد عرض في **شرح التحفة** أرقام المدارس المختلفة، بما فيها تلك الخاصة ببحارة كورومندل (الشاطىء الشرقي للهند). وهذه الأرقام تقريبية مع أنها تستند حسب ما يقول على ربع الدائرة المهملة من قِبَل البحارة.

وكان قد صحح الأرقام الخاصة بالأخنان الأربعة الأولى، مقدماً إياها على شكل كسور تقريبية، ومستخدماً طريقة أرباع الجيب. نستنتج من هذا الجدول أن القيم الخاصة بالأخنان الأربعة الأولى هي الأقل خطأ فيه. ولكن مقارنة أرقام هذا الجدول بأرقام بحارة كورومندل، تظهر بعدها الواضح عن الصحة، فيما عدا الرقم الخاص بالخن السابع (والمهري لا يعطي أي قيمة للخن الذي يليه). ولا يمكن أن نضع على عاتق النساخين وحدهم مسؤولية تراكم هذه الأخطاء، بل نؤكد بأن خبرة المهري العلمية (مع أنها خبرة حقيقية في المسائل البحرية الأخرى) لم تمكنه من حل هذه المسألة البسيطة، وذلك على الرغم من أنه بنى على الأرض دائرة للرياح لتوضيح هذه المسألة، وجعل الأشخاص يسيرون على الأخنان المرسومة مادياً.

٢ ـ الخرائط

لم تشر المخطوطات إلا ببضع كلمات إلى الأزياج وإلى استخدام الخرائط التي لم تذكر أبداً في النصوص، وقد ضاعت بأكملها، ولكن البرتغاليين قد رأوا بعضها). وكان البحارة يجوبون المحيط الهندي، حوالى سنة ١٥٠٠م، دون استخدام الخرائط ودون

استخدام الأزياج، بل كانوا يعتمدون على تقويم تقريبي وعلى تعليمات بحرية كثيرة، بالإضافة إلى تجاربهم الخاصة.

وقد لا تكون للخرائط، على الأرجح، أية فائدة بالنسبة إليهم في تحديد موضع السفينة. وذلك لأن الخطأ الممكن ارتكابه في قياس المسافات بين السواحل أكبر من الخطأ الممكن ارتكابه في تقدير الموضع بعد تصحيحه وفقاً للأرصاد الفلكية.

تشكل مخطوطات ابن ماجد والمهري نماذج عن التعليمات الملاحية التي كان البحارة يستخدمونها في ذلك العصر. وهي تعطي المسافات البحرية (مخطوطات ابن ماجد تعطي المسافات الأرضية أيضاً) الموافقة للارتفاعات المختلفة المقاسة بالأصابع. فإذا استخدمنا قيم هذه المسافات لتحديد مواضع الأمكنة على الخريطة بالنسبة الى خط الزوال الأولي، نجد توافقاً حسناً مع الطرق الساحلية (وهذه ظاهرة مدهشة نظراً للفوارق بين قيم الاتجاهات الواردة في هذه المخطوطات وبين قيمها الحقيقية)، بينما نجد أحياناً بعض التنافر في التفاصيل بخصوص منطقة معينة كـ «خليج البربر» مثلاً. والخريطة على الشكل رقم (٧ ـ ٣) التالية تسمح بمقارنة رسم السواحل المأخوذ من مؤلفات ابن ماجد والمهري مع الرسم الحقيقي.

لقد رتب المهري المسافات بشكل منطقي، وهذا ما فعله ابن ماجد من حين لآخر. وفي بعض الأحيان يتمم عمل أحدهما عمل الآخر، مع بعض التضارب في النتائج عندما يدرسان نفس المناطق البحرية. لم يكن من السهل تنسيق كل شيء. وأحسن مثال على ذلك يخص ارتفاع خمسة أصابع للنجم القطبي بين برغملة بالقرب من عساب وتواحي في برمانيا.

تظهر الأخطاء في حسابات العرض، على الخريطة، المناطق التي كانت مجهولة من قبل العرب. نذكر من هذه المناطق، أولاً، أستراليا (تيمور) المرسومة على شكل خط عمودي في موضعٍ مفترضٍ (دون إشارة إلى المسافات) تم تعيينه أحياناً في زمن غير بعيد نسبياً.

أما جزيرة مدغشقر فقد رسمت على شكلين. يظهر أحدهما الشاطىء الغربي فقط، وقد رسمه ابن ماجد.

يبدأ الغموض في الشرق الأقصى بعد ملقّة مباشرة. فالشاطىء الغربي لسوقطرة يتضمن أخطاء هامة. والفارق بين الموقع الذي حدده المهري لجزيرة لاسوند (La Sonde) وبين الموقع الذي أعطاه ابن ماجد لنفس المكان يبلغ إصبعين. أما بالي فهي مرسومة دائماً غرب جاوا.

والغموض موجود أيضاً، ولكن بدرجة أقل، شمال الخط الواصل بين سيلان ونيكوبار. وذلك لأن قلةً من العرب ترتاد البنغال وسيام وشرق الهند، كما يقول ابن ماجد.

الشكل رقم (٧ ـ ٣)

أما وجود الجزيرة الخرافية ترم توري والغموض الخاص بجزر السيشيل وبجزر المسكراني، فيمكن تفسيره لأن المراكب الشراعية لم تجرؤ أبداً على الدخول فيما يسمى بـ «الوعاء الأسود». ألا تشهد الإزاحة في الطول، على الخريطة، التي تعرضت لها كَرْم دَنْوى (أو ديوا) كما تعرض لها شرق افريقيا، على الهجرات الحديثة نسبياً للإندونيسيين؟

وقد صحح ابن ماجد في كتابه **قبلة الإسلام** بعض المفاهيم التي كانت رائجة في عصره. إن التحقق من الاتجاهات التي اعتمدها يثبت صحة عناصر الخريطة الواردة في الصفحة التالية (إلا بالنسبة الى الأماكن البعيدة عن البحر وبالنسبة الى مدغشقر ذات الشاطىء المفرط في الامتداد).

وهكذا نرى أن هذه الخرائط كانت متضمنة لأخطاء جسيمة. ولم تذكر المخطوطات شيئاً عن الاستخدام الفعلي لهذه الخرائط في البحر. ويبدو أن الجغرافيين العرب كانوا يجهلون كل شيء عن خرائط البحارة هذه. ونحن نعرف هذه الخرائط بكونها خرائط بحارةٍ لا خرائط بحرية. فقد رسمها أناس بسطاء. ولكن يجب الاعتراف بفضلها، على الرغم من عيوبها. وذلك أن وجودها تحت تصرف البحارة في ذلك العصر الذي سبق انتشار الخرائط الإيبيرية، كان يعطيهم صورة تقريبية عن المناطق التي كانوا يتجولون فيها، بدلاً من الاعتماد فقط على التقاليد المتناقلة فيما بينهم.

٣ ـ الآلات

أ ـ البوصلة (وانحراف اتجاه الإبرة)

ما زال البحارة في العصر الحديث يستعملون البوصلة، المسماة بالبيكار (compas) من قبل البحارة الفرنسيين وغيرهم، إلى جانب الأجهزة اللاسلكية. وذلك عند وجودهم بعيداً عن الإشارات الساحلية التي تمكن من تحديد الاتجاه. وقد وردت كلمة بيكار بهذا المفهوم بقلم ابن ماجد عند كلامه عن بحارة البحر الأبيض المتوسط.

يعتبر وجود الإبرة الممغنطة داخل وعاء مؤكداً في ذلك العصر، مع أن لا أحد يستطيع توضيح التركيب الحقيقي لمثل هذا الجهاز (الذي كان يسمى أيضاً «الحُقَّة»). ولكن هناك نقطتان تسترعيان الانتباه:

(١) لقد استخدمت كلمة سمكة بمعنى الإبرة ولكنها لم ترد في النصوص إلا مرتين.

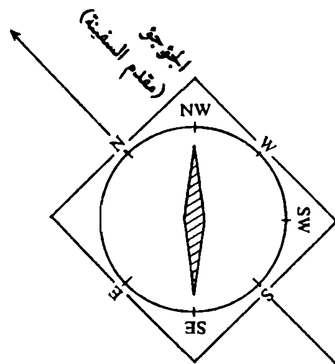
(٢) يمكننا أن نتكهن بوجود حاملة لهذا الجهاز مع ركيزة على محورٍ، مستندين بذلك على فقرة (ولكنها وحيدة) من شرحٍ لنواقص الحقة. هذه النواقص ناتجة، تبعاً لهذه الفقرة، عن ثقل دائرة الرياح وعن عدم جوْدة قبتها. ولكن كيف يمكن الإبرة أن تطفو بحريةٍ دون

أن تصطدم بجوانب الوعاء، إذا لم يكن لها ركيزة على محور؟ وكيف لا نجد إشارة إلى وجود وعاء عند الحديث عن نواقص البيكار؟ إن البحار يفهم دون تردد أن بطء الإبرة في تعديل اتجاهها ناتج عن ضعف القوة الموجهة للإبرة عندما تتمايل السفينة بسرعة أو عندما تنحرف وتغير اتجاهها.

ويساعد استعمال شعلة من قماشٍ، نهاراً، على تثبيت اتجاه السفينة. فالشعلة تدل على الاتجاه النسبي للريح، وهذا ما يسمح بتحديد اتجاه السفينة بالنسبة إليه.

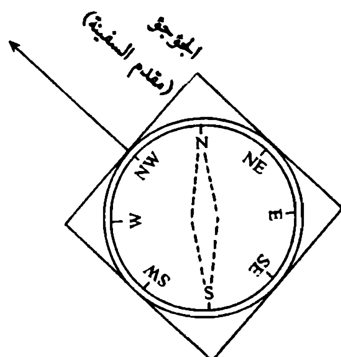
وإذا فرضنا وجود إبرة تستند، بواسطة حاملةٍ، على محورٍ داخل وعاء، كيف يتم الاستدلال على اتجاه السفينة؟ يمكننا تصور الجهاز في إحدى الحالتين البسيطتين التاليتين:

(أ) يكون الوعاء الحاوي للجهاز مثبتاً على السفينة ومدرجاً بالاتجاه المعاكس. فإذا كانت السفينة موجهة نحو الشمال الغربي (انظر الشكل رقم (٧ ـ ٤أ))، تكون تدريجة الشمال الغربي على يمين تدريجة الشمال، وتكون الإبرة موجهة نحوها.



الشكل (٧ ـ ٤أ)

(ب) تكون دائرة الرياح مدرجة بالأخنان، ومحمولةً من قبل الإبرة، أي أن الإبرة ودائرة الرياح ثابتتان الواحدة بالنسبة إلى الأخرى. وتوجد على الوعاء، الذي يمكن أن لا يكون مدوراً، علامة واحدة كافية للدلالة على مقدمة السفينة (أو على «خط الثقة»). وتوجد، مقابل هذه العلامة تقريباً، على دائرة الرياح، تدريجةٌ تدل على وجهة السفينة (انظر الشكل رقم (٧ ـ ٤ب)).



الشكل رقم (٧ ـ ٤ ب)

إن الحالة (ب) هي الأكثر ملاءمة من الناحية العملية، لأن مدير دفة السفينة يقرأ أمامه بشكل دائم وبطريقة شبه لا شعورية اتجاه السفينة، بينما يضطر في الحالة (أ) إلى

مراقبة وضع رأس الإبرة المتغير مع اتجاه السفينة، مما يقلل من سهولة المحافظة على هذا الأخير.

ولكن شكل جهاز دفة السفينة مشابه للحالة (أ). فهل وجدت الحالتان السابقتان في ذلك العصر؟ قد يفسر الجواب، إيجاباً عن هذا السؤال، استخدام النصوص دون تمييز للكلمات الثلاث: الحقة (أي الوعاء الحاوي للجهاز) وبيت الإبرة (أي موضع الإبرة) والدائرة (أي دائرة الرياح).

وأخيراً تبقى مسألة إضاءة البوصلة. لا شك أن إشعال النفط كان يتم في بعض الاحتفالات، عند الوصول إلى نيكوبار الكبرى مثلاً: «... أُضرب النفط وانشر العلم». ولكن هل كان هناك قنديل مجهز بنظام واقٍ مناسبٍ لإنارة الحقة؟

أما انحراف اتجاه الإبرة فيتأتى من تأثير الحديد والفولاذ على الحقة. يتغير هذا الانحراف مع تغير اتجاه السفينة. ويضاف «الحدور المغنطيسي» (الناتج عن الحقل المغنطيسي الأرضي غير المرتبط باتجاه السفينة) إلى هذا الانحراف للحصول على «التغير» الكامل لاتجاه الإبرة.

ولقد حذر ابن ماجد والمهري من الأخطاء التي قد ترتكب عند تقدير اتجاه السفينة بواسطة الإبرة (الانسياق مع التيار...، الخ) وشرحا هذه الأخطاء بكثرة. ولكننا بحثنا دون جدوى عن تعريف واضح لانحراف الإبرة في مؤلفاتهما. ونحن نتساءل، بعد قراءة مقطعين لابن ماجد: هل فطن ربابين السفن إلى وجود ظاهرة غير قابلة للتفسير تؤثر على اتجاه الإبرة؟ يتحدث ابن ماجد في المقطع الأول عن «السمكة» التي هي الإبرة قائلاً ما معناه: إن الطريق ليست مغلوطة إلا بـ... أو بسبب فساد الوعاء الحاوي للإبرة. أما في المقطع الثاني فيقول: «يحسب المعلم (الربان) أنه يجري في مجرى (معين) ولكنه يجري في غيره من قلة معرفته أو من فساد حقة أو سمكة مضروبة بحجر فرقدي...» (الفرقد هو اسم الدب الأصغر).

أما المهري فهو أقل غموضاً، إذ يقول ما معناه: قد تدل بعض دائرات الرياح على وجهة العش، أي على الشمال ـ الشمال الغربي.

إننا، في الواقع، نتحقق من وجود طرقات بحرية، نصح بها رجال ذوو ثقة، تقود إلى المرفأ المقصود (إلا إذا وقع خطأ في التنفيذ). فلماذا نقلق لأن الإبرة لا تدل على اتجاه الشمال الصحيح؟ وهل فطن إلى ذلك كثير من الاختصاصيين في ذلك العصر؟

ب ـ الخشبات

لقد ظهرت، خلال النصف الأول من القرن السادس عشر على وجه التقريب، تقنيتان لقياس ارتفاع نجمٍ ما:

- قياس الزاوية الفاصلة بين اتجاه النظر إلى الأفق واتجاه النظر إلى النجم.

- وضع علامة للنجم على خشبة عمودية (أو عدة خشبات) مدرجة بـ «الأصابع» بحيث يتطابق طرفها الأسفل مع خط الأفق.

لقد أعفينا القارىء غير المطلع على الشؤون البحرية من سرد مختلف الترتيبات التي يجب اتخاذها للتصويب الصحيح بعين واحدة على الأفق وعلى النجم، في آن واحد. سنكتفي بتذكيره بأهمية الصعوبات المتعلقة بعدم ثبات السفينة المتواصل، وبعدم الثبات النسبي ليد الذي يمسك بآلة القياس: يجب التصويب بسرعة على أهداف (نقط أو خطوط) غير واضحة أحياناً. نقول باختصار ان القياسات الإلكترونية فقط هي التي تؤمن القياسات الدقيقة. أما الخشبات، وحتى السدسية فهي لا تضمن الحصول على القيم الصحيحة للارتفاعات. إن مهارة مدير الآلة هي التي تخفف من عدم دقة القياسات.

هل نستطيع بعد هذا التذكير، استناداً على النصوص الموجودة لدينا، أن نبين الدرجة النسبية لانتشار استعمال الأجهزة المدرجة (كالربعية والأسطرلاب) في زمن ابن ماجد والمهري؟ (يقصد بكلمة الخشبات، أو الخُشُب أو الخُشَب، وهي جمع خشبة، جهاز قياس الارتفاع الفاصل بين نجم ما والأفق. والكلمة بالمفرد كانت تستخدم غالباً عندما تكون ارتفاعات عدة نجوم متساوية: «في خشبة واحدة»).

إن تضارب آراء الشراح المعاصرين يدفعنا إلى كثير من الحذر عند تحليل النصوص الخاصة باستعمال الخشبات.

تكلم بَرّوس (Barros) عن آلات عربية غير معروفة (من بينها ربعية) تستعمل لقياس ارتفاع الشمس. هل فعل ذلك حباً بنشر الأخبار المثيرة، أم أنه لفق هذا الخبر قبل أن يعترف بعد ذلك بقليل بأنه لم يستخدم بنفسه إلا الخشبات؟ لقد فعل ثِلِبي (Celebi) بشكل مماثل في كتاب **المحيط** (الذي هو ترجمة مع شرح لبعض مؤلفات ابن ماجد والمهري) المكتوب باللغة التركية سنة ١٥٥٣م. ترجم هذا الكتاب هامر بورغستال (Hammer-Purgstall) إلى الألمانية، ومنها ترجم إلى الإنكليزية من قبل برنسب (Princep). وأضاف هذا الأخير إلى ترجمته شرحاً لوصف آلات القياس. وعرض ثلبي بالتفصيل مميزات التدريجات الخاصة بجهاز من خشب له خيط مدرج رخو - تبعاً لما ذكره المهري.

ولقد تكلم المهري، هو الآخر، عن الاستخدام المتزامن للتقنيتين قائلاً: «. . . قياس الجزء (أي بواسطة جهاز ذي تقسيمات على قوس دائري) لا يختلف في كثرة ارتفاع الكواكب بخلاف قياس اليد (أي بواسطة الخشبات). . .» (والمهري هو الوحيد الذي يستخدم كلمة «حطبات» بدلاً من «خشبات»). إنه يلمح في المقطع نفسه إلى وجود أجهزة شبيهة بالأسطرلاب تستخدم الخط العمودي الحقيقي للمكان كخط مرجعي. وما يقوله المهري، عن القياسات التي أنجزت كما نعلم على اليابسة، يتفق مع المنطق بشكل بديهي.

تكلم المهري بعد ذلك عن جهاز له خيط قائلاً: «كلما رفعت اليد إلى فوق ارتخى الخيط الذي في القياس بسبب قرب الخطبة من العين، فيضيق القياس».

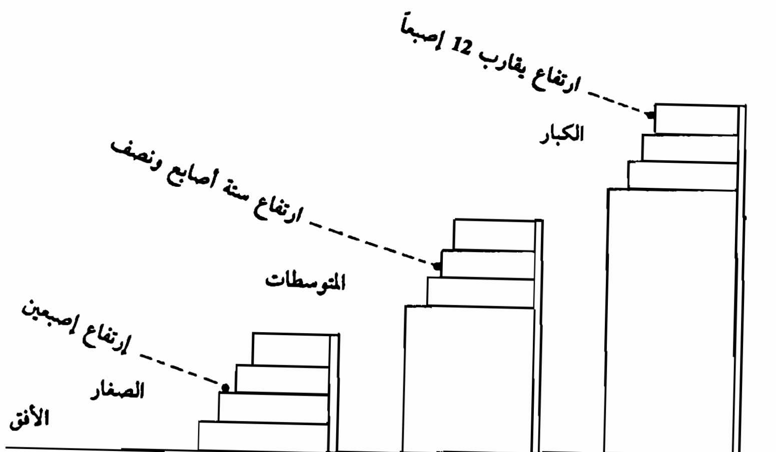
كيف يمكن للخيط أن يرتخي مع العلم أن وظيفته هي أن يكون مشدوداً؟ ولقد سألنا إبراهيم خوري حول هذا الموضوع فرأى ضرورة تصور الخيط كخيط خيالي أو كخط نظري.

لنستعرض الآن على كل حالٍ ما تعلمنا من ابن ماجد ومن المهري حول الخشبات، أي حول هذه التقنية التي كانت الأكثر استخداماً في عصرهما ـ إذ لم تكن الوحيدة ـ كما يبدو لنا. لقد تحدثنا قليلاً عن هذه التقنية، فماذا قالا على وجه التحديد؟:

(١) «. . . شرط قياسات الخشبات الأربع الكبار أن تكون ضيقة، والأربع المتوسطات (أن تكون) عادية، (وأن يكون) بين النجم والخشبة خيط، والماء كذلك خيط كحد السكين يراه الذي يقيس. وشرط الخشبات الصغار أن تكون نفاس (ضيقات). . .».

(٢) «. . . تجعل النجم المقاس عن النجم الذي يلقى وجهك سبعة أخنان كالجاه (وجهة الشمال) والثريا، وتكون الخشبات الكبار ضيقات القياس ومد بها يدك ما استطعت، والأربع الصغار نفيسات قصر بها يدك ما استطعت، والأربع المتوسطات عادية القياس، وذلك لاتساع ذيل الأفق وانكفاف أعلى الأفق. . .».

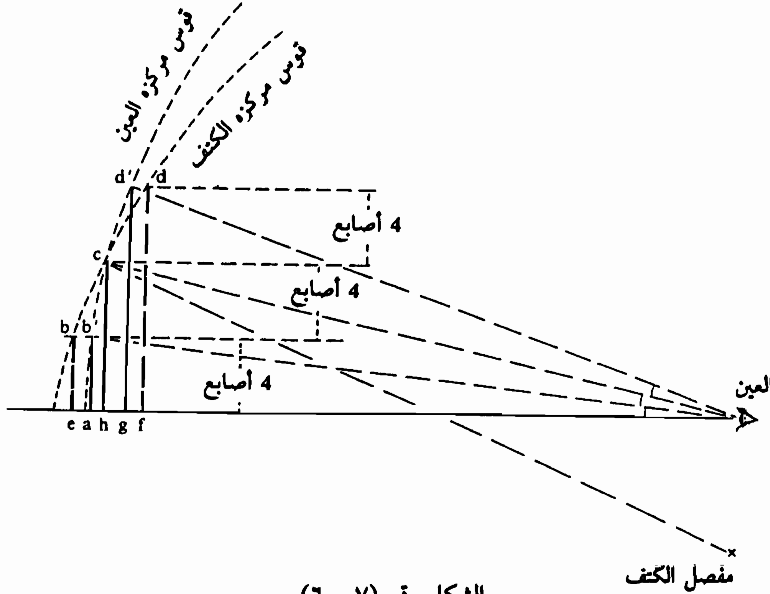
(٣) «. . . أحسن القياس ما كان معتدل الخشبات لا كبيرة ولا صغيرة».



الشكل رقم (٧ ـ ٥)

وهكذا يمكن أن نتأكد، حسب ما سبق، من وجود ثلاث مجموعات من الخشبات متزايدة في عرضها بمقدار أربعة أصابع، بحيث تكون كل مجموعة لوحةً متماسكةً ومرتبةً كما نرى في الشكل رقم (٧ ـ ٥) على سبيل المثال (مع أننا نجهل الترتيب الحقيقي لهذه

اللوحات). كان من الممكن أن نخطط الأصابع بألوان متناوبة غامقة وفاتحة، بدلاً من التدريجات السلمية. كما يمكن أن نتصور تقسيم اللوحات إلى أصابع وحتى إلى إجزاء الأصابع لتسهيل قراءة القياسات.



الشكل رقم (٧ ـ ٦)

نعرض في الشكل رقم (٧ ـ ٦) شرحاً لكيفية عمل الجهاز. كان من الأمثل أن تكون اللوحات الثلاث متلاصقة لكي تشكل لوحة كبيرة مقسومة إلى ثلاثة أقسام متلاصقة، كل قسم منها مساوٍ لأربعة أصابع وموجود على مقطع دائري مركزه في عين الراصد، وأن نجسد الأوتار ab′ (الخشبات الصغيرة) وhc (الخشبات المتوسطة) و gd′ (الخشبات الكبيرة). ولكن هذا الترتيب مستخدم في الربعية وفي الأسطرلاب، ولا يستخدم هنا. والسبب هو أن كل خشبة كانت تمسك من طرفها العلوي. وهكذا نستطيع تلخيص المسألة الواجب حلها كما يلي: قياس، بواسطة اللوحات ذات الأربعة والثمانية والاثني عشر إصبعاً، للزوايا aob′ وaoc و aod′ ذات الرؤوس المتطابقة مع العين والتي تفرق عن بعضها بمقدار أربعة أصابع، وإذا كان الذراع ممدوداً بشكل ثابت، ترسم اليدُ القوس bcd، وهو قوس دائري مركزه الكتف. لذلك فإن الأصابع الأربعة الموجودة على الشكل غير مناسبة. لنفرض إذاً أن المسألة محلولة إذا أخذنا c كنقطة انطلاق، وهي رابعة الخشبات المتوسطة (الموافقة لثمانية أصابع)، وذلك عندما يكون الذراع ممدوداً بشكل طبيعي. ولنرسم على مسافتين مساويتين لأربعة أصابع وثمانية أصابع خطين موازيين للأفق. أما رابعة الخشبات الصغيرة (أي ذات الأصابع الأربعة) فهي تقطع القوس الذي مركزه العين في النقطة b′، بينما تقطع رابعة الخشبات الكبيرة نفس القوس في النقطة d′. لذلك

ينبغي وضع الطرف العلوي للخشبة الأولى في النقطة b′ ووضع الخشبة الثانية في النقطة d′. أما الذراع فقد تمدد من f إلى g وتقلص من e إلى a.

٤ ـ الآلات الأخرى

لقد رأينا أعلاه كيف أشار مؤلفانا إلى استعمال آلات أخرى غير الخشبات لقياس ارتفاعات النجوم.

إن افتراض وجود آلة ذات خيط لا يتعارض تماماً مع الحقيقة. فقد تأكد ظهور آلة من نوع «كمال» حوالى سنة ١٥٤٠م، فيها خيط يستعمل بالطبع لقياس ظل زاوية الارتفاع وبالتالي لقياس الارتفاع.

لقد لاحظ تيبتس (Tibbets) منذ سنة ١٩٧١ أن ابن ماجد والمهري لم يتحدثا أبداً عن الـ «كمل» أو عن الـ «كمال»، مع أن الكثير من الباحثين يعتقدون بأنه كان مستعملاً في عصرهما. ومما يزيد في هذا الاعتقاد ما نراه من ميل ابن ماجد إلى استخدام كلمات التفضيل مثل «الكملان»، وهذا ما يشكل مصدراً للأغلاط. يقول ابن ماجد مثلاً حول تجاوز جزر الفالات (جمع فال) (Les Laquedives)، إن هذا التجاوز يجب ألا يتم، في بعض أوقات السنة، بعيداً عنها. وذلك بسبب ضرورات تتعلق بالفصول. يقول ابن ماجد ما معناه: لا تدع النجم القطبي الشمالي يهبط بل اتجه شمالاً (عند الحاجة)، إذ يجب عدم الابتعاد (كثيراً نحو الجنوب) بمقدار ثلاثة كملانات.

إن كلمة كملان غامضة، ولقد استخدمها ابن ماجد آنفاً في مؤلفاته الشعرية. ولكن التعبير عن قيمة قوية أو ضعيفة، لا يتم عادة بهذه الطريقة.

أما «الأسطرلاب» بالمعنى الخاص للكلمة، فقد أكد البعض أن البحارة العرب قد استعملوه. وحجتهم في ذلك هي إشارة إلى ارتفاع وحيد «قيس بواسطة الأسطرلاب» وقيمته مساوية لعدد صحيح من الدرجات. لقد أشار ابن ماجد إلى إحداثيات بالدرجات، ولكنه أخذها من كتب جغرافية. أما المهري فقد أعطى بعض الارتفاعات المأخوذة بواسطة «آلة ذات تقسيمات». ولكن العدد الكبير، المقدر بالآلاف، للارتفاعات المقاسة بالأصابع بواسطة الخشبات، يظهر بوضوح أن الأسطرلاب لم يكن آلة القياس الشائعة في ذلك العصر.

أما «الربعية» (وهي عبارة عن دائرة أو قسم من دائرة مقسمة إلى أجزاء متساوية) فهي من بين الآلات التي أشارت إليها النصوص.

٥ ـ التقويم

تخضع النشاطات الملاحية لتبدل الفصول، وذلك في البحار التي تتبع نظاماً فصلياً واضحاً، وهذا شيء بديهي. ولكن كيف يمكن تحديد اليوم الأول من السنة الشمسية، إذا علمنا أن النجوم تغير مجراها بالنسبة إلى الشمس، بسبب حركة مبادرة الاعتدالين؟

لقد جابهت الإنسانية، في مسألة وضع التقويم، صعوبات مهمة، ولم تكتشف حلاً مقبولاً لها إلا في الإصلاح الغريغوري، الذي حصل في أواخر القرن السادس عشر. فكيف كان موقف البحارة في المحيط الهندي قبل قرنٍ من هذا التاريخ؟

يبدأ اليوم الأول من النَّيروز (أو النَّوْروز أو النِّيروز، وهو التقويم الذي كان متبعاً من قبل البحارة في المحيط الهندي)، تبعاً للحسابات الواردة في المخطوطات البحرية، عند ظهور منزل الإكليل (في برج الميزان) مع طلوع الفجر، بميل زاوي مساوٍ لـ 15 درجة. وكان هذا اليوم، الأول من النيروز، يقع في العشرين من تشرين الثاني/ نوفمبر الحالي.

تبدأ هنا الصعوبات الخاصة بتعريف تقويم لا يتغير. وذلك أن النيروز يتضمن 365 يوماً كاملاً. ويتقدم اليوم الأول من النيروز بمقدار ثلاثة أشهر تقريباً خلال أربعة قرون (وهذا ما كتبه الفلكيون العرب حوالى القرن العاشر). إن المدى الكبير لهذا التقدم يجعل التحرك الناتج عن حركة مبادرة الاعتدالين غير ذي أهمية. استخدم هذا النيروز المفرط في قصره في عصر ابن ماجد، وما زال مستخدماً حتى اليوم في المحيط الهندي (مع أنه يختلف من منطقة إلى أخرى ولم يعد يستند على منزل الإكليل).

والصعوبة التالية تكمن في تغير ظهور نجم ما تبعاً لارتفاعه ولميله الزاوي، وكان ابن ماجد واعياً لهذه الظاهرة. وهو يقول إن «أصحاب المؤلفات الكبرى» في علم الفلك حددوا بشكل رياضي منظم كل بزوغ شروقي وكل أفول غروبي، دون أخذ الميل الزاوي لكل نجم بعين الاعتبار، كما لو كانوا يرصدون على خط الاستواء مع أنهم كانوا فوق الدرجة 25 شمالاً. ولقد نقلت أقوالهم الخاصة بمنازل القمر اليومية بكاملها تقريباً إلى المخطوطات البحرية.

كانت النجمة (أ) التابعة لبرج الميزان تظهر فعلاً، في العشرين من تشرين الثاني/ نوفمبر تقريباً في أواخر القرن الخامس عشر، للراصد الموجود على خط العرض البالغ 15 درجة. وهناك احتمال كبير أن يكون ابن ماجد، وهو الملاح المتفحص باستمرار للقبة السماوية، قد لاحظ ذلك. إن تطابق ذلك، بخطأ يقل عن عشرة أيام، مع المسلمات الشائعة في القرن العاشر، جعل ابن ماجد يخفف من أهمية هذه الظاهرة، إذ قال ما معناه: هناك ما يحمل بعضهم على القول بأن أوقات الأسفار تتأخر درجة كل سنة. ولكن المهري يرى، بخلاف ابن ماجد أن أوقات الأسفار تتغير بمقدار ربع يوم في السنة، وهذا ما يعطي برهاناً جديداً على الاختلاف بين طباعهما.

كيف كان يتصرف البحارة في ذاك العصر في مواجهة الصعوبات الناجمة عن عدم انتظام هذا التقويم المرتكز على موقع نجمة؟ لنأخذ بعين الاعتبار الميراث التقني (الذي أهمل بسرعة من قبل البحارة المعاصرين)، من ناحية، والممارسة النشيطة للاجتماعات الدراسية بين قواد السفن، من ناحية أخرى. هذه الاجتماعات التي كانت تجري على السفن أو عند السماسرة كانت تسمح بتبادل المعلومات المختلفة. كل هذا يسمح بالتكهن بوجود إجماع، حوالى سنة ١٤٥٠م، للابحار من مناطق معينة نحو مناطق أخرى في أوقات معينة محسوبة، تبعاً للنيروز، باختلافات مساوية دائماً لعشرة أيام، ومساوية نادراً لخمسة أيام. ولقد أجريت شيئاً فشيئاً تصحيحات بمقادير تتراوح بين خمسة أو عشرة أيام على الأوقات السابقة، وذلك بعد سنين من التجارب التي تمت على خطوط بحرية محددة، وبعد مقارنة النتائج في تلك اللقاءات التي جرت تحت سلطة بعض الربابنة المشهورين. وقد تمت في النهاية مراجعات إجمالية، لتلك الأوقات، تواصلت إلى يومنا هذا.

وكانت أوقات الأسفار هذه تتبع أوقات الرياح الموسمية، حتى إن كلمة المواسم كانت تدل على أوقات الأسفار.

إن تقسيم السنة إلى فترات مختلفة تبعاً للرياح المميزة لها يحصل بالاستناد على النيروز. ولكن تعداد أوقات الأسفار الناتجة عن هذا التقسيم يبقى معقداً. يأخذ المخطط التالي بعين الاعتبار العديد من المناخات المحلية التي قد تسبب انعكاساً في هذا المخطط والتي قد تؤدي حتى إلى إلغاء «غلق البحر». بالإضافة إلى ذلك، قد يرد الكلام في بعض النصوص عن ريح غير متناسبة مع المكان والزمان، ولكن فهم مثل تلك المقاطع مرتبط بالمعنى المحلي للمصطلحات المستخدمة.

إن فترة «غلق البحر» هي فترة التوقف عن الملاحة، ولَمِّ شَمْل العائلة إذا أمكن، في الميناء الذي تجهز فيه السفينة. تهب الريح الموسمية الجنوبية الغربية من بداية حزيران/يونيو حتى منتصف آب/أغسطس. ونحن نجد على الخرائط الفصلية الحالية أحد الخطوط المنحنية التي تبين اتجاهات الريح التي تهب في شهر تموز/يوليو في شرق سقطرة. وهو خط ذو شكل متطاولٍ يحدد المنطقة (التي يسميها البحارة الفرنسيون «قرن اللوبياء») التي تشتد فيها الريح والتي يجب أن تتجنبها السفن الخفيفة القوة المتجهة نحو الغرب. تسمى فترة الريح الموسمية الجنوبية الغربية، وكذلك الريح نفسها، الكَوْس (وكلمة «دَبور»، أو «دبُّور»، تدل على المعنى نفسه، ولكنها تطلق في أكثر الأحيان على الريح نفسها).

ويبدأ الموسم الكبير، بعد نهاية فترة الغلق، في فترة آب/أغسطس ـ أيلول/سبتمبر التي تخلو من سوء الأحوال الجوية في كل المناطق. ويتضمن الموسم الكبير نهاية فترة الريح الجنوبية الغربية («الدماني» أو «الديماني») السهلة الاستخدام، وكل فترة الريح الشمالية الشرقية («أَزْيَب» أو «صبا») الممتدة من تشرين الأول/أكتوبر إلى نيسان/ابريل، وأخيراً فترة الريح الجنوبية الغربية المسماة «أول الكوس» أو «رأس الكوس» أو «آخر الموسم الكبير».

ويدل آخر الكوس على نهاية فترة الريح السهلة الاستخدام، أي على النهاية القصوى للموسم.

٦ ـ التعليمات البحرية

تدل عبارة التعليمات البحرية في العصر الحديث على الوثيقة الأساسية، في مكتبة البحار، الجامعة لكل المعلومات المفيدة في الملاحة وغير المرتبطة بالخرائط وبما هو قابل للقياس. أما كتابات ابن ماجد والمهري فهي مصنفات جامعة للتعليمات والنصائح الموجهة إلى البحارة. وهي تشكل، مع الأدوات الموصوفة أعلاه ومع التجارب الخاصة للبحارة، الوسائل الوحيدة المستخدمة في الملاحة.

وهكذا سيشكل القسم التالي عرضاً مركزاً على أهم المسائل الملاحية وعلى خلاصة التعليمات الملاحية التي كانت تحت تصرف الملاحين العرب في المحيط الهندي خلال القرن السادس عشر.

سابعاً: تقنيات تحديد الموقع في البحر تبعاً للتقدير وللرصد الفلكي

إن تحديد موقع السفينة، أو تقدير هذا الموقع في البحر إذا أردنا الكلام بمزيد من الدقة (أو «القطع» حسب تعبير ابن ماجد)، مرتبط بالمسار المقدر أولاً والمصحح ثانياً عند أول مناسبة ممكنة، بواسطة قياس ارتفاعات نجوم معروفةٍ وقابلةٍ للرصد. يتم ذلك استناداً إلى التعليمات الملاحية وإلى تجربة ضابط الملاحة.

إن ما يهم ضابط الملاحة هو تقدير اتجاه السفينة وسرعتها الحقيقية وارتفاعات النجوم. وكما رأينا سابقاً، كانت المسافات تحسب بالزامات. لذلك، فإن أهم المقاطع في مخطوطات ابن ماجد والمهري، بالنسبة الى البحار، تخص دقة الاتجاه وارتفاعات النجوم.

لنذكر أيضاً بأن الميقَت (الكرونومتر)، وهو آلة قياس الوقت التي تعمل مهما كان المناخ ولمدة طويلة، لم يصبح سلعة تجارية إلا منذ مئة وخمسين سنة. لذلك لم يكن باستطاعة البحار قبل ذلك الزمن إلا قياس العرض فقط. لقد كانت هناك بالتأكيد طرائق تستخدم التثليث وتمكّن دون استعمال الميقت بالحصول على قيمة تقريبية لطول موقع مرفأ مهم. ولكن هذه الطرق لم تكن تسمح أبداً بتحديد طول موضع السفينة.

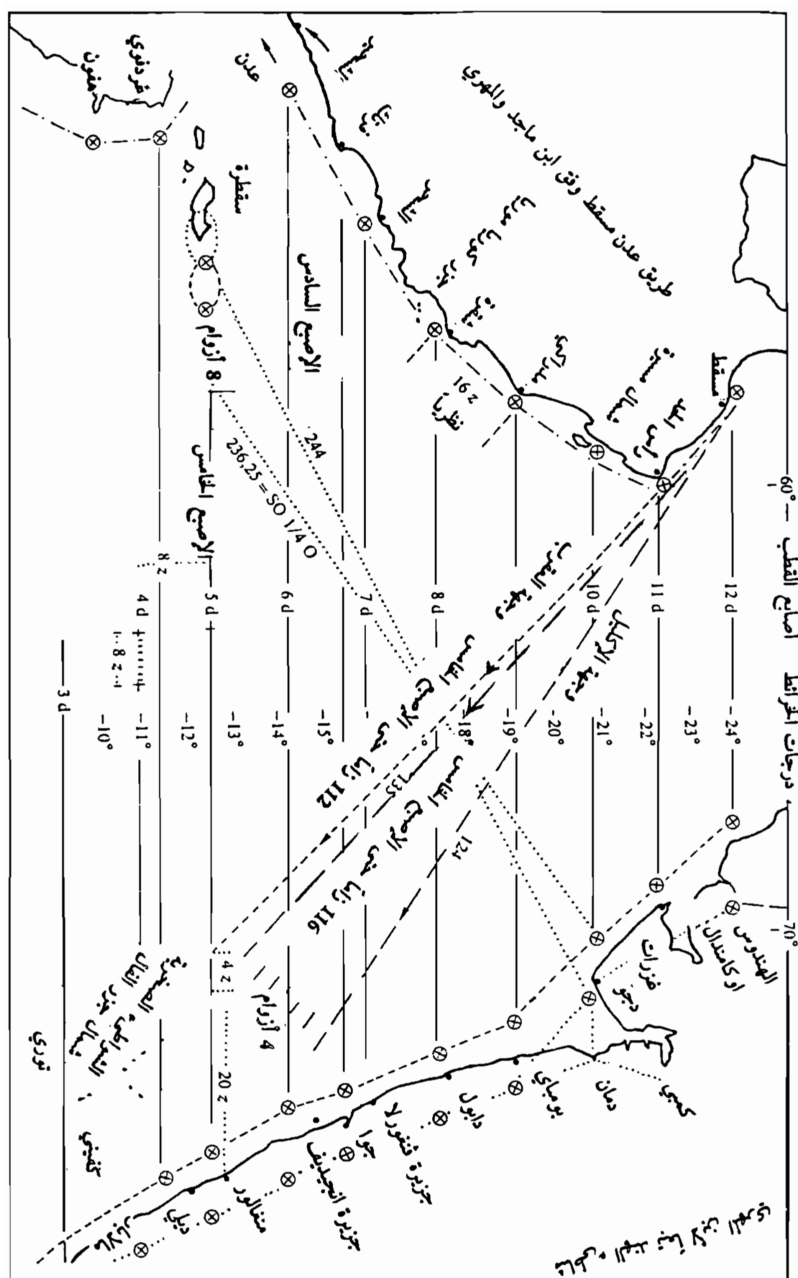
إننا نخص بكلامنا الملاحة العربية التي كانت تحصل بشكل رئيس بين شواطىء وجهتها إجمالاً نحو الشمال. لذلك فإن معرفة قيمة تقريبية للطول، في هذه الحالة، كافية ودون ضرر يذكر. ولكن تحقيق التنسيق بين العرض المرصود وبين الطول المقدر يتطلب كثيراً من المهارة التقنية.

١ ـ دقة اتجاه السفينة

إلى أي درجة من الدقة كان يتم التحكم في اتجاهات السفن على المسارات الطويلة؟ إن الجواب عن هذا السؤال مرتبط بالمسائل العملية.

كان أصغر جزء على دائرة رياح، من بين دوائر الرياح الباقية في المحيط الهندي، يزيد على درجتين، بينما لا تستطيع السفن العصرية المجهزة حسب التقنيات الحديثة حفظ الاتجاه بخطأ يقل عن نصف درجة. أما ابن ماجد فقد تكلم عن ملاحة على مسارٍ بحري طويل حفظ فيها الاتجاه بخطأ لا يزيد عن ربع الخن، أي ما ينقص قليلاً عن ثلاث درجات. ولقد عدد أنواع الطرقات البحرية، فهي ساحلية، ومباشرة في عرض البحر، و«استنتاجية» (بالمقارنة مع طريق آخر صحته مفروضة). شك ابن ماجد في قيم المسافات المقدرة التي قبلها «القدماء»؛ إذ قال ما معناه: تبحر سفينة باتجاه العقرب (الجنوب الشرقي) من مسقط ورأس الحد إلى أن تصل إلى مسافة أربعة أزوام شمال شواطىء جزر الفالات (انظر الشكل رقم (٧ ـ ٧)). . . وتبحر سفينة ثانية باتجاه يوجد بين العقرب (الجنوب الشرقي) والإكليل على بعد أربعة أسباع الخن من الإكليل (كثيراً ما يلجأ ابن ماجد إلى هذه التقريبات)، فتصل إلى شواطىء الفالات بعد مسار طوله سبع ترفات. وبذلك تكون السفينة الثانية قد قطعت 28/7 زاماً أكثر مما قطعته السفينة الأولى. . . وهكذا يظهر أن عدد التُرفات مغلوط. . . لأن المسافتين متساويتان وقيمتهما المشتركة هي 117 زاماً. . .

إن هذا المقطع غامض ولكننا سنورد فيما يلي شرحنا له نظراً لأهميته. إن اتجاه العقرب (الجنوب الشرقي) يوصل السفينة فعلاً إلى مسافة أربعة أزوام من شاطىء جزر الفالات (التي نعرف عرضها المساوي لخمسة أصابع كما نعرف أن عرض مسقط يساوي 12 إصبعاً). أما اتجاه السفينة الثانية فهو على بعد 6/8 (وليس كما قرر ابن ماجد بشكل تقريبي) الخن من الإكليل. ولكننا سنحتفظ بالرقم 5/7. تساوي المسافة التي قطعتها السفينة الأولى ستة عشر زاماً وتساوي المسافة التي قطعتها السفينة الثانية ثمانية عشر زاماً، أي بفارق قدره زامان، مع العلم أن السفينتين قد اجتازتا سبع ترفات. ولكي يحصل ابن ماجد على قيمة المسافة الإضافية التي قطعتها السفينة الثانية نراه يحسب نسبة 2 إلى 7 فيكون معه $28/ = 2/7 \times 7 \times 2$ 7 أي 4 أزوام.



الشكل رقم (٧ ـ ٧)

ويمكن التحقق من ذلك بسهولة إذا فرضنا أن المسافة الإضافية التي قطعتها السفينة الثانية تعادل خِنَّين، ثم طرحنا خمسة أسباعها من قيمة مسار السفينة الثانية 2 = 16 – 18 و 10 = 5/7 × 7 × 2 و116 = 10 – 126)؛ أو أضفنا إلى قيمة مسار السفينة الأولى (أي 112) سبعي 14 (أي 4) فنحصل على 116.

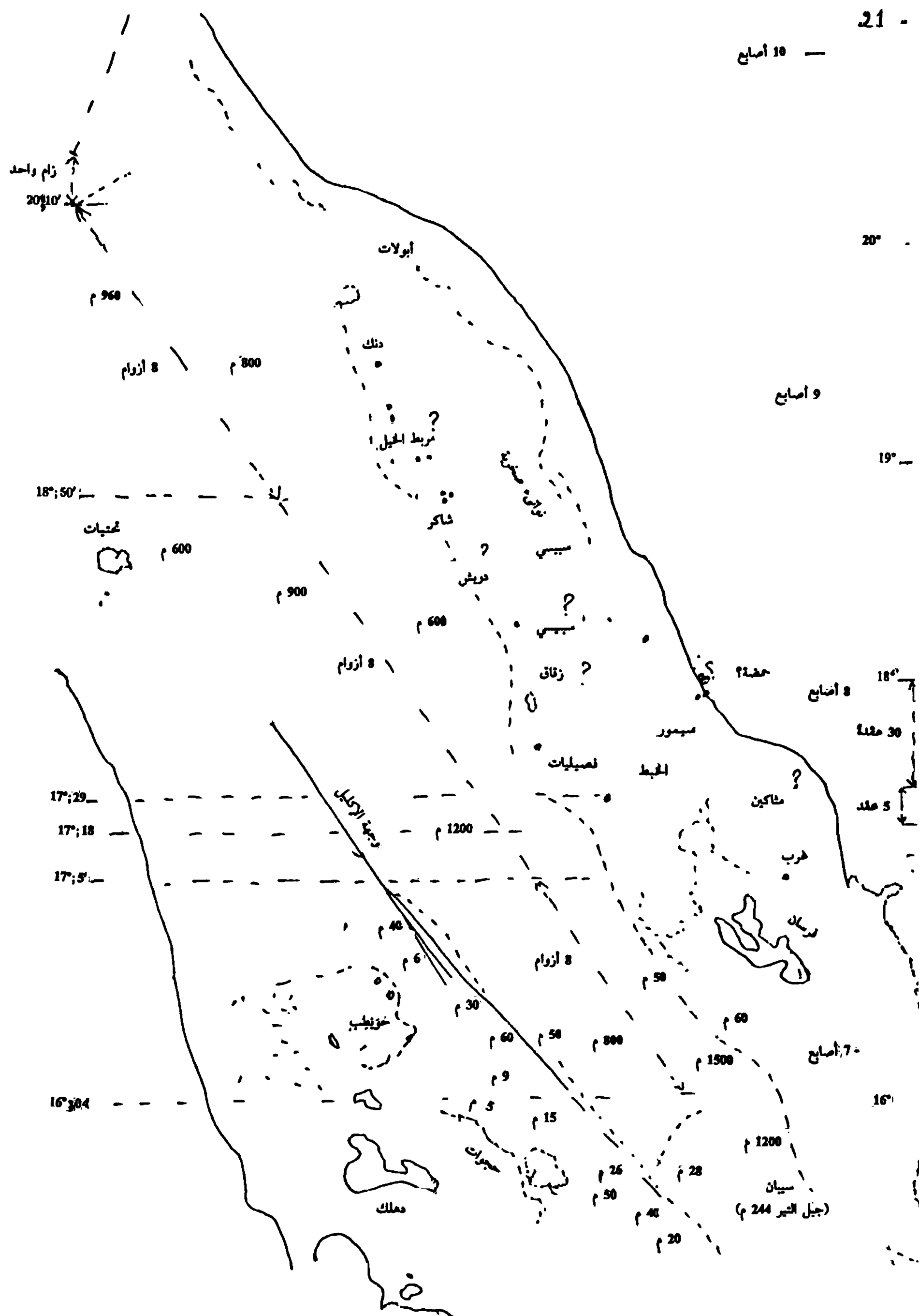
يبقى علينا الآن أن نفسر كيفية الحصول على الرقم 117 وهو القيمة المشتركة للمسارين تبعاً للنص. ولكن قيمة المسافة الأولى تساوي بلا ريب 116 = 4 + 112 كما أظهر ذلك الحساب السابق. هل هذا ناتج عن خطأ من قبل الناسخ الذي قد كتب 7 بدلاً من 6؟ على كل حال إن برهان ابن ماجد صحيح بخطإٍ يساوي زاماً واحداً.

لنلاحظ أخيراً ما يلي: لم يكن أحد من الربابنة يجرؤ على توجيه سفينته نحو شاطىء الفالات، هذا الشاطىء الهائل القليل العمق والمحجوب وراء أعماق بحرية صعبة الاجتياز. لقد غرق هناك ربان برتغالي بسفينته وبمن فيها خلال سفرته الثانية. ولكن ابن ماجد لم يحذِّر أبداً من هذه الأخطار.

لقد تحدث المهري أيضاً عن أخماس الأخنان في ظروف مشابهة لما رأينا أعلاه، ولكن هذين الربانين لم يشيرا إلى أكثر من أربعة أمثلة من هذا النوع. لذلك يصعب التأكد، استناداً إلى هذه الحجج، من استخدام أقسام الأخنان في الملاحة على الطرق البحرية في المحيطات.

يمكننا، مقابل ذلك، أن نذكر مثلاً عن الملاحة في بحر مغلق، مأخوذاً عن ابن ماجد، يؤكد فيه هذا الأخير أن الملاحة كانت تتم فيه حسب أرباع الأخنان، أي أن اتجاه السفينة كان يحفظ بخطأ لا يزيد على ربع الخن. كان يحدث ذلك، تبعاً لابن ماجد، في البحر الأحمر على الطرق البحرية المختلفة التي تقطع البحر الأحمر من جدة باتجاه الجنوب وتنتهي في سيبان (أو جبل تير). يبلغ علو هذا الجبل ٢٤٥ متراً، وهو يشرف على كل المنطقة المحيطة به، والبحر من حوله ذو قاع جداري (انظر الشكل رقم (٧ ـ ٨)).

إن أرصفة الشواطىء الصخرية في البحر الأحمر تدخل بعيداً في البحر، بحيث يكون قاعه كثير العمق من جهة الساحل العربي، وقليل العمق من جهة الساحل المقابل.



الشكل رقم (٧ ــ ٨)

مأخوذ من «التائية».

ولكن البحارة مع ذلك يفضلون، عند اجتيازهم للبحر الأحمر باتجاه الشمال، الرسو على الشواطىء العربية. وذلك لأن المناطق الصخرية تظهر فيها مساءً بشكل أوضح بفضل شمس الأصيل حتى لو كانت أشعتها أفقية. وبالإضافة إلى ذلك، إن الرياح التي تدفع السفن شمالاً تخضع غالباً لانعكاسات في اتجاهاتها، بينما تكون الرياح الدافعة جنوباً أقل تقلباً في اتجاهاتها (هل هذا هو السبب الذي جعل ابن ماجد يعطي الكثير من ارتفاعات النجوم على الطرق البحرية التي تجتاز البحر الأحمر باتجاه الشمال، بينما لا يعطي إلا نادراً ارتفاعات النجوم على الطرق البحرية التي تجتاز هذا البحر باتجاه الجنوب؟).

تصل بعض هذه الطرق البحرية إلى غرب سيبان. ولكن السير عليها يتطلب حذراً شديداً بعد مسافة ٣٠٠ عقدة من جدة، أي بعد اجتياز خط العرض المساوي لـ 17 درجة تقريباً (أي ما يعادل سبعة أصابع ونصف الإصبع من النجم القطبي). ولكن كيف يتغير الطول على هذه الطرق؟ (الخريطة على الشكل رقم (٧ ـ ٨) تظهر الأعماق القابلة للبلد (أي للسبر) حول دهلك حيث لا يمكن تمييز إلا بعض الصخور المتناثرة المنخفضة والمغطاة غالباً بالرمل ونادراً بالعليق). فإذا أظهر البلد أن السفينة قد انحرفت غرباً، علماً بأن السفينة تسير باتجاه الحمارين، ينصح ابن ماجد أن يبقى العمق متراوحاً بين ٢٤ و٣٥ متراً. . . وذلك بالميل نحو وجهة العقرب بمقدار ربع أو ثلث أو نصف الخن حسب الحاجة. وتؤمن هذه العملية السير بعيداً عن المناطق القليلة العمق.

وهكذا كانت السفن تسير نحو الجنوب متجنبة أخطار الساحل العربي، ومستدلة بالأعماق القابلة للبلد دون رؤية أية إشارة في حويطب أو في حجوات. وكان الربابنة، بعد ذلك، يستخدمون كل براعتهم للاستدلال على إشارة سيبان المتميزة، قبل مجابهة أخطار الجنوب الأخرى.

والخلاصة هي أننا رأينا مثلاً لطريق بحرية نظرية توصل إلى شواطىء جزر الفال الصخرية التي تخيف البحارة، ومثلاً آخر للترتيبات الدقيقة التي يجب اتخاذها للملاحة في البحر الأحمر. كل هذا يعزز فكرة وجود ترتيب لجهاز الإبرة في عصر ابن ماجد، يسمح بالملاحة حسب أرباع الأخنان.

٢ ـ ارتفاعات النجوم

اعتمد نظام الملاحة العربي على التقدير، وكان التحقق من موضع السفينة يتم، بشكل عام، بالاستناد إلى ارتفاعات النجوم الواردة في كتب «التعليمات البحرية». لذلك احتل

حساب ارتفاعات النجوم مكاناً مهماً في المخطوطات البحرية العربية التي أظهرت براعة العرب فيه.

أ ـ ملاحظات أولية

يبدو مناسباً أن نشدد على النقاط الأربع التالية:

(١) كانت إحداثيات النجوم على فلك البروج معروفة بثباتها، وهي كذلك على وجه التقريب. أما الإحداثيات الاستوائية للنجوم، وهي الإحداثيات الوحيدة الصالحة لرصد العرض، فهي غير ثابتة، ولكنها تتغير ببطء (بمقدار ١٥ دقيقة تقريباً في أربعين سنة). وهذا ما يفسر عدم ملاحظة هذا التغير من قبل البحارة في ذلك العصر.

(٢) لم يستخدم البحارة العرب إلا النجوم نظراً لثباتها. وكانت خبرة هؤلاء البحارة الموثوقين المتمرسين كافية (وكانت الذاكرة الخارقة التي يتمتع بها كل الناس البسطاء الدائمي الاحتكاك بالطبيعة، تسعفهم عند فقدان كراس) للملاحة على الخطوط البحرية البعيدة المدى، بمجرد تعيين مواقع بعض النجوم.

(٣) إن الأزياج الحالية التي يستخدمها البحارة ما زالت تحسب حتى اليوم، على الرغم من المتطلبات العلمية، في نظام مرجعي مركزي أرضي (إذ إن الحسابات فيه مختزلة كثيراً). وهكذا يمكننا بسهولة إعادة تشكيل الطرائق التي كان يستخدمها البحارة الأقدمون.

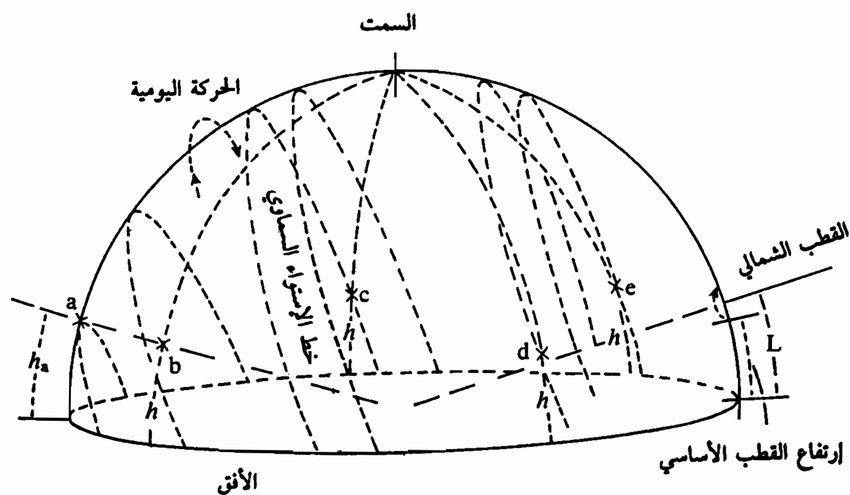
(٤) يجب أن نأخذ بعين الاعتبار، عند تفحص قياسات ارتفاعات النجوم التي أنجزت في أواسط القرن السادس عشر، عدم الدقة النسبية لآلات القياس وعدم ثبات الأرضيات التي توضع عليها هذه الآلات وفقدان التصحيحات الضرورية التي يجب إدخالها على هذه القياسات (انكسار الضوء، . . . الخ).

يجب علينا، لكي نفهم عقلية هؤلاء البحارة في ممارستهم للملاحة في أعالي البحار، أن نتصور التجريبية الكبيرة التي كانت تلازم الوسائل البسيطة التي كانت تحت تصرفهم (ما زال الإسبانيون حتى اليوم يطلقون كلمة (el pratico) أي المجرب على الربان المسؤول عن قيادة السفينة في الأماكن الحساسة).

ب ـ الارتفاعات المزوجة

كانت «الخشبات»، في عصر ابن ماجد، الآلة الوحيدة الشائعة الاستعمال. وكانت تسمح بقياسات لا تتعدى ١٢ إصبعاً ولا تقل عن ثلاثة أصابع (لقد كشف البحارة عن وجود تأثيرات غير عادية ناتجة عن انكسار الضوء عند قياس الارتفاعات الصغيرة). يقول ابن ماجد: «لا خير في نجم إلى الماء دانٍ». وهكذا كانت مجموعة الزوايا الزوالية محصورة في نطاق ضيق جداً. وقد لاحظ البحارة، وهم بصدد حل هذه المسألة، أنه قد يحدث

لنجمتين b وc (انظر الشكل رقم (٧ ـ ٩)) أن تكونا في لحظة ما على نفس الارتفاع h، إذا كانت الارتفاعات، المقاسة في مكان عرضه L، تتعدى قيمة مرجعية معينة مساوية للزاوية الزوالية لنجمة أخرى هي النجمة a. نرى على الشكل رقم (٧ ـ ١٠) الحالة الأكثر وقوعاً، حيث تكون النجمة c على وشك الأفول وتكون النجمة b بعد البزوغ. ويمكن أن تكون هاتان النجمتان بعد البزوغ في الوضعين b وd، أو على وشك الأفول في الوضعين c وe. ويمكن أن يتغير الميل الزاوي لكل من النجمتين. وكان يعبر عن حالة هاتين النجمتين بعبارة: «إنهما على خشبة واحدة» أو بعبارة: «إنهما في تعادل». وهناك عبارات أخرى لها معانٍ مطابقة تماماً أو مشابهة مع بعض الفوارق لمعنى كل من العبارتين السابقتين، تبعاً للحالات المتعددة التي يمكن الوقوع فيها.



الشكل رقم (٧ ـ ٩)

الشكل رقم (٧ ـ ١٠)

إن استخدام قيمة الزاوية الزوالية لنجم ما في حساب عرض موقع السفينة يعطي مردوداً نظرياً مساوياً لمئة بالمئة. أما استخدام الارتفاعين المزوجين فإنه يعطي مردوداً يتراوح بين صفر ومئة بالمئة. وذلك لأن هذا المردود الأخير مرتبط بالميل الزاوي وبالسمت لكل من النجمتين المزوجتين. يبدو أن نهج ابن ماجد التجريبي المطبوع بالبساطة قد قاده إلى بعدٍ حقيقي في النظر. وذاك أنه كان واعياً لضرورة تصحيح الارتفاع المشترك للنجمتين بنسبة معينة؛ وهذا ما قرب نتائجه فعلاً من الحقيقة. أما المهري فلم يفطن إلى هذه المسألة، بل اكتفى بالقول: «أصح القياس إذا كان النجم المقاس تحت القطب أو فوقه وقت القياس. وسبب صحته أنه في ذلك الوقت نَوْه لا زيادة فيه ولا نقصان. . . بخلاف قياس الشقاقات فإنها غير صحيحة لسرعة جريها. . .».

إن الثبات النسبي لنجمة ما عند بلوغها الأوج (وحتى في المناطق الاستوائية) يسمح، في الواقع، برصد موثوق. بينما تؤثر سرعة طلوع النجم الكثير البعد عن مستوي الزوال، بشكل سلبي على الرصد. لقد أعطى المهري قائمة بتسعة نجوم أوصى برصدها. فهو يوصي مثلاً برصد أ ـ السهم (α Paon) خلال فترة الرياح الموسمية الغربية التي تتضمن ثلاثة أشهر يغلق فيها البحر. أما الأزواج فهي: زوج الفرقدين (ب و ج في مجموعة الدب الأصغر)، هـ وَ و في مجموعة النعش (الدب الأكبر)، وأ و ب في مجموعة العيوق

(Centaure)، والسهيل ـ آخر النهر. ولكن قيم الارتفاعات التي أعطاها المهري تتعارض مع بعضها إذا انتقلنا من مؤلف إلى آخر.

أما ابن ماجد فهو، كالعادة لا يعطي قائمة متماسكة بأزواج النجوم. ولكن مراجعةً دقيقة لمخطوطاته تسمح بإحصاء ما يقرب من ستين زوجاً من النجوم، غير أن بعضها نافل. ويجب الحصول بعد ذلك، على قيم الارتفاعات لكل زوج من هذه الأزواج والتحقق منها رياضياً. سنبين فيما يلي الخطوط الكبرى لهذه المزاوجات، ثم نعرض نتائج التحقق الذي قمنا به. وهذا ما سيؤدي بنا إلى تقييم نتائج أعمال هذين البحارين، بعد أن نعرض التقنيات التي استخدماها.

يوجد في **الحاوية** (الكتاب الذي حرره ابن ماجد في أيام شبابه، إذا صح أن ابن ماجد كتبه كله) عدة أزواج من النجوم (بالإضافة إلى زوج الفرقدين في مجموعة الدب الأصغر وزوج الدب الأكبر هناك زوج الحمارين وزوج الواقع ـ التير وزوج آخر النهر ـ سهم القوس وزوج آخر النهر ـ الواقع). وهذا ما يدفعنا إلى التكهن بأن ابن ماجد هو أول من استخدم هذه الطريقة. ثم حرص على بسطها بعناد، بشكل متقطع وغامض أحياناً. ولكن هناك القليل فقط من أزواج النجوم التي تغطي مجموعة واسعة من الارتفاعات والتي أرفقت بالملاحظات الخاصة بالأوقات المناسبة للأسفار والأرصاد.

يمكن أن نميز، بشكل مبسط، ثلاث حالات من المزاوجة بين النجوم:

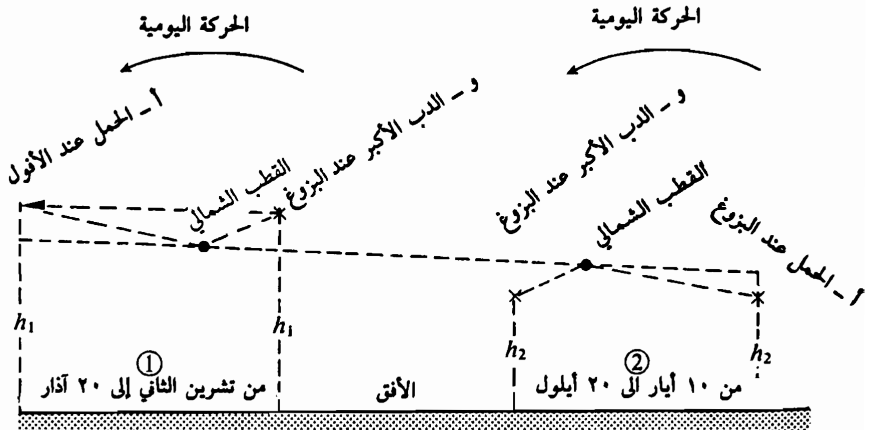
(١) تكون النجمة الأولى قريبة من مستوي الزوال، وتكون النجمة الثانية بعيدة عنه وسريعة في طلوعها، بينما تكون شريكتها بطيئة. وهذا ما يساعد على ترقب اللحظة المنتظرة التي تكون فيها النجمتان على الارتفاع نفسه. تسمى هذه الحالة من المزاوجة «عصا الربابين» أو «عكاز الربابين». يقول ابن ماجد ما معناه: تكون النجمة «آخر النهر» غير بعيدة عن زاويتها الزوالية، أما التير فتكون في بعدها السمتي. يتغير العرض من 25° ; 36′ إلى 19° شمالاً، ثم يثبت بالنسبة الى إحدى النجمتين (سنشرح هذه الطريقة فيما بعد). ليس هناك صعوبات كبرى في تتبع مسار كل من النجمتين، إذا كان الربان على علم بأسماء النجوم وبالأوضاع الجغرافية، وإذا كان أليفاً لأساليب ابن ماجد.

(٢) لا يفرض أي شرط على الميل الزاوي لكل من النجمتين. ولكن الحالة التي يكون فيها أحد هذين الميلين أصغر من 45° وتكون فيها قيمة الميل الآخر اختيارية، نادرة جداً. إن «الفرد الكبير» هو المثل الذي نقدمه لهذه الحالة: و ـ الدب الأكبر وأ ـ الحمل. يتضمن استخدام هذا الزوج صعوبات كبرى. فهو يعطي نتائج ممتازة في فترة الريح الموسمية الشرقية بين درجتي العرض 19°و 30′ ;14° شمالاً، وكذلك في فترة الريح الموسمية الغربية بين درجتي العرض 18° و24° شمالاً. ولكن الخطأ في القياس، خارج هاتين الفترتين، يمكن أن يتجاوز 20′ حتى يصل إلى 30′ ;1°، وهذا ما يجعل القياس مغلوطاً. لقد عظم ابن ماجد قيمة «الفرد الكبير» كثيراً في جميع بحار العالم وحتى في بحر الروم. وهو يكتفي

بوصفه «ضيقاً» في بلاد الزنج و«نفيساً» في المناطق العالية العرض. ولكن لماذا لا يقول شيئاً عن هذا الزوج في الأسفار إلى ملقّة (التي يتم خلالها تجاوز سيلان بعيداً جداً عن شواطئها) وعند الاقتراب من الصومال، كما رأيناه يقوم بذلك عند كلامه عن «باشي»؟

(٣) هذه الحالة هي مزيج من الحالتين (١) و(٢)، ولكنها لطرافتها تستحق الدراسة بشكل منفصل: إنها حالة «القيد». قد يحدث أن يكون الرصد مستحيلاً في لحظة المزاوجة بين النجمتين: قد يكون ذلك خلال النهار مثلاً. يحل ابن ماجد هذه المسألة بوضع ترتيبة تجعل إحدى النجمتين تحتفظ بارتفاع معين لا يتغير داخل شريط محدد بعرضين معينين، وبحيث يتحرك النجم الثاني داخل هذا الشريط وفق مسارٍ معروف.

لنفرض أن الفارق بين الطالعين المستقيمين لنجمتي زوج ما يقرب من ١٢ ساعة، كما هي حال «الفرد الكبير». هذا يعني أن هاتين النجمتين موجودتان على خطي زوال متقابلين تقريباً. نتيجة لذلك تصبحان من جديد على الارتفاع نفسه بعد اثنتي عشرة ساعة تقريباً. وهكذا يحصل «الإبدال» تبعاً لمفهوم ابن ماجد في دراسته لهذا النوع من أزواج النجوم. من الواضح أن الارتفاع المشترك الثاني يختلف عن الارتفاع المشترك الأول، وأن هذه الظاهرة لا تحدث في الليلة نفسها إلا في المناطق ذات العروض المرتفعة خلال فصل الشتاء. ولكن البحارة العرب لم يرصدوا النجوم أبداً في المناطق التي يزيد عرضها على 25° شمالاً أو جنوباً (انظر الشكل رقم (٧ ـ ١١)). إن هذا المفهوم الخاص للإبدال مناسب لتحقيق حالة «القيد» التي عرضناها أعلاه.



الشكل رقم (٧ ـ ١١)

الارتفاعان المشتركان في كل من حالتي الإبدال، h_1 و h_2 هما غير متساويين.

لنتساءل أخيراً عن مدى فهم ابن ماجد للعلاقة بين الأخطاء في تقدير موضع السفينة وبين مردود المزاوجة. ليس لدينا جواب أكيد على ذلك، ولكن ابن ماجد اقترب غالباً من الحقيقة في كتاب الدرائب، عند توضيحه للترتيبات الخاصة بكل زوج من النجوم. وذلك أنه يقول ما معناه: عندما يتغير العرض يتغير الارتفاع المشترك لزوج ما من النجوم أو ارتفاع شريك النجم «المقيد»، ويكون هذا التغير الأخير مساوياً لعدد من أجزاء الإصبع كلما تغيرت الزاوية الزوالية بمقدار إصبع كامل. ولكن، ألم يكن نطاق تغير العرض ضيقاً إلى درجة تخفي على ابن ماجد بعض التقلبات لدى بعض أزواج النجوم؟

ج ـ التنسيق بين قياس الارتفاعات وقراءة الخريطة

لم يكن هذا التنسيق سهلاً بشكل دائم؛ سنعطي فيما يلي مثلين أخيرين للتوضيح:

(١) إن التلاؤم كامل بين القياسات الخاصة بالنجم القطبي وتلك الخاصة بزوج الفرقدين (ب وج في مجموعة الدب الأصغر)، وذلك عند السير باتجاه الجنوب (كان الجنوب قبل ذلك العصر موجوداً في أسفل الخريطة، إذ كان اسمه السافل). أما التلاؤم بين زوج الفرقدين وبين الزوج هـ وَ و في مجموعة النعش (الدب الأكبر)، فقد أثار جدلاً له ما يبرره. كان التنافر بين الأرصاد الفلكية والرسم على الخريطة، يمتد بعيداً، وخاصة فيما يخص جنوب مدغشقر وجزر المسكراني (باستثناء جزر القمر ذات الوضع المضبوط تماماً على الخريطة). هل يشهد هذا على انقطاع الملاحة العربية في هذه المنطقة، كما كان كذلك شرق ملقّة وشمال جدة باتجاه الشمال؟ غير أن الملاحين العرب كانوا يصلون إلى سُفالة على طرق بحرية مختلفة. ولقد شعرنا مع ابن ماجد، على إحدى الطرق البحرية الساحلية، بالعذاب الذي كان يقاسيه البحار، الخاضع للتيارات البحرية العنيفة، كما كان يحدث في كمبي (Cambay)، في المياه العكرة الخطرة لقلة عمقها، قريباً من الدلتا الكبير لنهر زمبيز. يجب أن تأخذ السفينة وجهة السهيل في أول الطريق المؤدية إلى أعالي المحيط الهندي، وهذا ما يوصلها إلى مستوى ممبون شيلوان (Mambone-Chiluan) بخطأ لا يتعدى 20′.

(٢) نحن على علم بدقة قياسات الارتفاعات التي قام بها ابن ماجد، استناداً إلى نجمة القطب الجنوبي في البحر الأحمر، وهذا ما يتعارض مع وجود الأخطاء المتناثرة التي رأيناها أعلاه أحياناً. إن أحد هذه الارتفاعات مثير للاهتمام بشكل خاص: إنه يساوي لارتفاع القطب البالغ سبعة أصابع وربع الإصبع. وهذا ما يوافق زاويتين زواليتين متساويتين ومتقابلتين تعطيان القيمتين 16°33′ و 16°36′ شمالاً، المدهشتين في تقاربهما. وهاتان القيمتان تحددان مكاني صخرتين غادرتين ضمن سلسلة مرجانية مكانها قريب من جزر «الفرسان» (هذا المكان غير واضح على الخرائط الحالية، وقد يكون مثيراً للاهتمام أن يتم تحديده بفضل وثيقة من القرن الخامس عشر، إذ يعطي المثل على التضامن بين البحارة عبر العصور!).

خاتمة

إن هذه الدراسات والتأملات المتناثرة، لوثائق ينقصها التماسك بشكل خاص، لا يمكنها أن تعطي صورة إجمالية نهائية عن المعارف الملاحية العربية في المحيط الهندي حوالى سنة ١٥٠٠م.

يبقى على الباحثين، كما أشرنا أعلاه باقتضاب، أن يقوموا بإحصاء وتحليل واستثمار العديد من المخطوطات المبعثرة في مكتبات عديدة في البلاد التي لها علاقة بالتاريخ المعقد للملاحة في المحيط الهندي.

لا تشكل الصفحات السابقة إلا مساهمة متواضعة لمجهود جماعي واسع. ليس الهدف من هذا المجهود إغناء علم الملاحة الحديث، وذلك لأننا دخلنا دون رجعة ميدان الملاحة المستندة إلى الإلكترونيات.

أليست مساهمتنا سوى وقفة وداع ممزوجة بالحنين إلى هؤلاء البحارة الذين اعتمدوا على السدسية والبوصلة القديمة والخشبات؟ أم هي بادرة أخيرة موجهة نحو البحارة البسطاء الذين تنازلوا عن وظائفهم للعاملين المغمورين في «مركز العمليات»؟

لا، إن عرض الأمور بهذه الطريقة يشكل إهانة خطيرة لهذين البحارَين ابن ماجد والمهري (ولو كان أحدهما أكثر تجربة من الآخر) اللذين تعلمنا على تقديرهما على الرغم من عيوبهما التي تجعلهما أقرب إلينا. يجب ألا ننسى أنهما وريثان، على الرغم من نواقصهما «العلمية»، لتقليد رائع عريق في التفكير الدقيق تشهد له هذه الدراسة.

ـ ٨ ـ

إرث العلم العربي في العبرية

برنار ر. غولدشتاين(*)

ابتدأ التقليد العلمي العبري، الذي هو انعكاس للتراث اليوناني المنقول بواسطة مصادر عربية، بمرحلة من الترجمات في القرن الثاني عشر للميلاد؛ ثم تتابع بدراسات واجتهادات إضافية مبنية على هذه الترجمات. ومع أن مراكز النشاط الرئيسة كانت إسبانيا وجنوب فرنسا، فقد أبدى جميع التجمعات اليهودية اهتماماً بالمواد العلمية. وفي الحقيقة، اهتم الشعراء والمتصوفون وعلماء القانون والفلاسفة اهتماماً كبيراً بالمواضيع العلمية(١).

إن أغلبية النصوص العبرية هي مخطوطات مبعثرة في المكتبات العالمية في مختلف الأصقاع، لكننا نملك منها عدداً كافياً لتحديد سمات هذا التقليد. وتجدر الإشارة إلى أن الكثير من النصوص العربية قد أعيد نسخه بأحرف عبرية. فقد كان هذا التقليد شائعاً لدى اليهود الناطقين بالعربية، وفي بعض الحالات، لم تسلم النصوص الأصلية إلا بهذا الشكل فقط. وخلافاً للنصوص الأدبية، فإن عدداً كبيراً من المستندات قد حفظ في جنيزة القاهرة (Géniza du Caire). وهذه المستندات هي في أغلبيتها نصوص كتبت لمناسبات خاصة، ثم أهملت بعد ذلك بفترة قصيرة من الزمن. والجنيزة في الأصل كانت موجودة في غرفة من كنيس القاهرة؛ وكانت توضع فيها المستندات المعدة للطمر الشعائري لاحقاً. لكن هذا

(*) أستاذ في جامعة بيتسبورغ.

قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي ونزيه عبد القادر المرعبي.

(١) Bernard Raphael Goldstein: «The Survival of Arabic Astronomy in Hebrew,» *Journal for the History of Arabic Science,* vol. 3, no. 1 (Spring 1979), pp. 31 - 39, and «Scientific Traditions in Late Medieval Jewish Communities,» in: Gilbert Dahan, ed., *Les Juifs au regard de l'histoire: Mélanges en l'honneur de Bernhard Blumenkranz* (Paris: Picard, 1985).

الطمر لم يحدث أبداً، ولقد وجد حوالى مئتي ألف مستند عائد إلى الفترة الممتدة ما بين القرنين العاشر والتاسع عشر، وذلك عندما تم نقل هذه المجموعة الثمينة إلى المكتبات الأوروبية والأمريكية في أوائل القرن العشرين. وبين هذه المستندات نجد نصوصاً علمية، تمثل جميع العلوم التي كانت تدرس في العصر الوسيط؛ وأغلبها نصوص بالعربية كتبت بالحرف العبري، إضافة إلى بعض النصوص المدونة بالعربية وأخرى بالعبرية(٢).

تظهر دراسة هذه النصوص أن التجمعات اليهودية أولت علوم الفلك والرياضيات والطب اهتماماً أساسياً، لكننا نجد نصوصاً أخرى تمثل فروعاً متنوعة في الفيزياء والبيولوجيا. وهذا ما تبينه الدراسات الفهرسية الموجزة التي قام بها م. شتينشنيدر (M. Steinschneider) وأ. رينان (E. Renan)، في القرن التاسع عشر(٣). إضافة إلى ذلك، فإن أغلبية المجموعات الأوروبية الكبرى من المخطوطات المذكورة هي مصنفة، مما يسهل إلى حد بعيد مسألة تفحصها المفصل. ومن بين الدراسات الحديثة حول هذا الموضوع تجدر الإشارة إلى مقالة تحصي أكثر من مئة نسخة من الترجمات العبرية المتنوعة لكتاب ابن سينا **القانون في الطب** الذي كان النص الأساس في الدراسات الطبية في العصر الوسيط الأول(٤). كما نجد نسخات عديدة لكتابي **الأصول** لإقليدس و**المجسطي** لبطلميوس، مترجمة عن العربية إلى العبرية. فقد كان هذان الكتابان يشكلان أساساً للدراسات في مجالي الرياضيات وعلم الفلك في العصر الوسيط(٥). إلا أننا، فيما سيلي من هذه الدراسة، سنقتصر على علم الفلك.

يعود البدء بمساهمة اليهود في علم الفلك باللغة العربية إلى أوائل العصر الإسلامي؛ كما هو الحال مثلاً مع ما شاء الله (المتوفى سنة ٨١٥م)(٦). وفي القرن الثاني عشر للميلاد بدأ الاهتمام بالعلم ينتشر لدى يهود البلدان المسيحية، الذين كانت لغتهم الأدبية هي العبرية. وكان هؤلاء اليهود بحاجة إلى ترجمات للنصوص العربية. وأول باحث قدم لهم معلومات في علم الفلك والرياضيات كان أبراهام بارحيّا البرشلوني (القرن الثاني عشر

---

(٢) حول الجنيزة، انظر: Solomon Dob Fritz Goitein, *A Mediterranean Society; the Jewish Communities of the Arab World as Portrayed in the Documents of the Cairo Geniza* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1967-), vol. 1, pp. 1 - 28.

(٣) Moritz Steinschneider, *Die Hebräischen Übersetzungen* (Berlin: [n. pb.], 1983), and E. Renan, «Les Ecrivains juifs français du XIVe siècle,» dans: *Histoire littéraire de la France,* 38 vols. (Paris: Imprimerie nationale, 1733 - 1944), vol. 31.

(٤) B. Richler, «Manuscripts of Avicenna's Kanon in Hebrew Translation,» *Koroth,* vol. 8 (1982), pp. 145 - 168.

(٥) Steinschneider, Ibid., pp. 506 and 523.

نجد لائحة بالمخطوطات أكثر كمالاً في: Institute for Microfilmed Hebrew MSS, the National Library, Jerusalem.

(٦) انظر: Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982), vol 6: *Astronomie,* pp. 127 - 129

للميلاد)[٧]. وما قام به أبراهام يعتبر بشكل عام شرحاً أكثر مما هو ترجمة فعلية. وهكذا، فإن جداوله الفلكية مثلاً قد ارتكزت على جداول البتاني (المتوفى سنة ٩٢٩م)؛ كما أنه اتبع في مقدمته طريقة هذا المؤلف نفسه[٨]. وأحد هذه الجداول هو عبارة عن قائمة بالنجوم الثابتة مع إحداثياتها. ولكي نفهم معنى هذه القائمة، لا بد من الرجوع إلى النص اليوناني لكتاب **المجسطي** لبطلميوس (حوالى سنة ١٤٠م)، الذي يحتوي على ١٠٢٨ نجماً، وقد ترجم إلى العربية إبان القرن التاسع الميلادي[٩]. وقد أعاد البتاني وضع نصف هذه القائمة تقريباً، حيث صحح مواقع النجوم، وفق خط الطول، آخذاً بعين الاعتبار المبادرة منذ زمن بطلميوس وحتى عصره (والمبادرة هي معدل زيادة خط طول النجوم الثابتة مع الوقت؛ وكان بطلميوس على علم بهذه الزيادة. أما الإحداثية الثانية أي خط العرض، فهي لا تتغير). واختصر بارحيّا أيضاً هذه القائمة ولم يضمنها سوى النجوم من الدرجة الأولى والثانية في العظم (عظمة النجم هي قياس لتألقه).

اندست، في لائحة النجوم لبطلميوس، أخطاء كثيرة من جراء الترجمات، والنسخ، والنسخ عن النسخات، وقد بدت هذه الأخطاء شديدة الغرابة. لكن مقارنة المخطوطات اليونانية والعربية والعبرية التي حفظت، تسمح بتتبع المراحل المختلفة التي قطعها هذا الانتقال، وبحل أغلب الإشكالات. وعلى سبيل المثال، فإن نجماً وارداً في جدول بطلميوس بتألق من الدرجة الرابعة، يظهر في لائحة بارحيّا بتألق أول (أي من الدرجة الأولى (المترجم)). إن هذا الخطأ ناتج عن الخلط بين الحرفين اليونانيين ألفا (alpha) (الذي يمثل القيمة العددية ١) ودلتا (delta) (الذي يمثل القيمة العددية ٤)، إذ إن بعض النساخ كانوا يكتبون هذين الحرفين بشكل واحد. وقد أعطى بارحيّا لكل نجم اسمه العربي مدوناً بأحرف عبرية، كما أعطى في الوقت نفسه ترجمة عبرية للأسماء، وقد اتبع هذه الطريقة الكثير من خلفائه. إن تحليل المعطيات العربية والعبرية معاً، يظهر بوضوح أن هذا التقليد فيما يخص أسماء ومواقع النجوم الثابتة في القرون الوسطى يقتصر على العمل الأدبي كالترجمة، ولا يستند إلى أرصاد جديدة مستقلة[١٠].

---

(٧) Abraham bar Ḥiyya ha-Nasi, *La Obra enciclopédica; yĕsodé ha-tĕbuná u-migdal haĕmuná,* de Abraham bar Hiyya ha-Bargeloní, Ed. crítica con traducción, prólogo y notas, por José Mª. Millás Vallicrosa (Madrid: [n. pb.], 1952).

(٨) Abraham bar Ḥiiyya ha-Nasi, *La Obra Séfer Ḥešbón mahlekot ha-kokabim (Libro del cálculo de los movimientos de los astros),* Ed. crítica, con traducción, introd. y notas por José Mª. Millás Vallicrosa ([Barcelona]: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Arias Montano, 1959).

(٩) Paul Kunitzsch, *Der Almagest: Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in Arabisch - lateinischer Überlieferung* (Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1974).

(١٠) Bernard Raphael Goldstein, «Star Lists in Hebrew,» *Centaurus,* vol. 28 (1985), pp.185-208.

وهناك نص عربي آخر كان له تأثير كبير هو نص الخوارزمي حول الجداول الفلكية، الذي درس في إسبانيا درساً مستفيضاً. إن النص الأصلي العائد إلى القرن التاسع مفقود؛ لذلك ينبغي الرجوع إلى ترجمة لاتينية من القرن الثاني عشر للميلاد، موضوعة عن ترجمة إسبانية ـ عربية منقحة وعائدة إلى العام ١٠٠٠ تقريباً(١١). إضافة إلى ذلك هناك شرح بالعربية للنسخة الأصلية، كان قد كتبه ابن المثنى في إسبانيا في القرن العاشر للميلاد، وقد وصل هذا الشرح إلينا بالعبرية واللاتينية فقط. وتعود إحدى الترجمات العبرية لنص الخوارزمي إلى أبراهام بن عزرا (الذي أقام في إسبانيا وتوفي في العام ١١٦٧م). وتشكل هذه الترجمة مصدراً مهماً للمعلومات حول التطورات الأولى لعلم الفلك الإسلامي في أواخر القرن الثامن وأوائل القرن التاسع الميلاديين(١٢). ويبدو أن المدرسة الفلكية الأولى التي تعرّف عليها العرب في القرن الثامن الميلادي، قد وصلت إليهم من مصادر هندية، في حين أنهم لم يتعرفوا على علم الفلك اليوناني إلا لاحقاً. إن شرح ابن المثنى هو محاولة، لم تتكلل دائماً بالنجاح، لتفسير نص يشكل انعكاساً للمصادر الهندية، وذلك بواسطة أساليب وطرق المدرسة اليونانية. وقد كتب بن عزرا في مقدمة ترجمته ما معناه(١٣): «هناك عالم أكثر نبوغاً من أقرانه في علمي الهندسة والفلك، اسمه محمد بن المثنى، كتب مؤلفاً مميزاً لصالح أحد أنسبائه، بخصوص قواعد حركة الكواكب. وينطبق هذا المؤلف على جداول الخوارزمي، وفيه أدرج العالم براهين مقتضبة ورسوماً بيانية صغيرة أخذ مبادئها من **المجسطي**. . . لا يوجد اختلاف بين قواعد بطلميوس لحركة الكواكب وبين قواعد العالم الهندي باستثناء بعض النواحي البسيطة. وعندما نتطرق إلى هذا الأمر، سأفسر سبب الاختلاف».

فمن الواضح أن بن عزرا كان يدرك هذا التداخل بين المدرستين، لكنه وضع كل اهتمامه في إيضاح الاختلافات بسبب عجزه عن الوصول المستقل إلى المصادر الضرورية المناسبة.

---

(١١) Heinrich Suter, *Die Astronomischen Tafeln des Muḥammed Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Ahmed al-Madjrīṭī und der latein,* Übersetzung des Athelhard von Bath auf grun der vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen... hrsg und Kommentiert von H. Suter (Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1914), and Otto Neugebauer, *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*, translated with commentary of the latin version (Copenhagen: [n. pb.], 1962).

(١٢) Aḥmad Ibn al-Muthannā, *Ibn al-Muthannā's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwarīzmī*, two hebrew versions edited and translated with an astronomical commentary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 2 (New Haven, Conn.; Yale University Press, 1967).

(١٣) المصدر نفسه، ص ١٤٩.

أما الفيلسوف اليهودي الأكثر أهمية في القرن الثاني عشر الميلادي، فهو ابن ميمون أبو عمران موسى الذي كتب مؤلفاً بالعبرية حول التقويم اليهودي، مستنداً جزئياً إلى أعمال أسلافه المسلمين، ولا سيما البتاني[١٤]. كما قدم إشارات عديدة فلكية ورياضية في مؤلفه الفلسفي الرئيس **دلالة الحائرين**، الذي ترجم من العربية إلى العبرية خلال حياة الفيلسوف. وقد نقل ابن ميمون انتقادات كل من ابن باجة وجابر بن أفلح بصدد علم الفلك البطلمي[١٥]، وقد عاش هذان الأخيران في القرن الثاني عشر الميلادي في إسبانيا. كما أضاف انتقاداته الخاصة مستنداً جزئياً إلى مناقشة القبيسي (القرن العاشر الميلادي) حول المسافات بين الكواكب، ثم استنتج قائلاً[١٦]: «والاستدلال العام منه أنه دلنا على محركه لأمر لا تصل عقول الإنسان إلى معرفته، وإتعاب الخواطر في ما لا تصل إلى إدراكه ولا لها آلة تصل بها، إنما هو نقص فطره أو ضرب من الوسواس».

ولقد نقل العديد من النصوص، خلال القرن الثالث عشر الميلادي، من العربية إلى العبرية، وبشكل أساسي في جنوب فرنسا، بغرض استعمالها من قبل العلماء اليهود في تلك المنطقة، الذين كانوا يجهلون العربية. وقد كان موشيه بن تبون (Moshe ben Tibbon) المترجم الأكبر إنتاجاً، وهو ينتمي إلى أسرة اشتهرت بالمترجمين، كانت قد نزحت من إسبانيا إلى فرنسا في القرن الثاني عشر الميلادي[١٧]. وتشكل ترجمة بن تبون إلى العبرية، في العام ١٢٥٩[١٨]، لمؤلف كتاب **في الهيئة** الذي وضعه البطروجي في العام ١٢٠٠، مثالاً

---

(١٤) Moses ben Maimon, *Sanctification of the New Moon*, translated from the hebrew by S. Gandz, with supplementation and an introduction by J. Obermann, and an astronomical commentary by O. Neugebauer, His the Code of Maimonides, Book 3, Treatise 8 (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1956).

(١٥) Moses ben Maimon, *Le Guide des égarés*, traité de théologie et de philosophie par Moïse ben Maimoun, dit Maïmonide, publié pour la première fois dans l'original arabe et accompagné d'une traduction française et de notes critiques, littéraires et explicatives par S. Munk, 3 vols. (Paris: A. Franck, 1856 - 1866), vol. 2, pp. 185 - 186 et 193 - 194, réimprimé (Paris: G. - P. Maisonneuve, 1960).

(١٦) المصدر نفسه، مج ٢، ص ١٩٤ ـ ١٩٥. حول القبيسي وابن مأمون، انظر:
Bernard Raphael Goldstein, «The Status of Models in Ancient and Medieval Astronomy,» *Centaurus*, vol. 24 (1980), p. 138.

(١٧) انظر: D. Romano, «La Transmission des sciences arabes par les Juifs en Languedoc,» dans: M. - H. Vicaire et B. Blumenkranz, dirs., *Juifs et Judaïsme de Languedoc* (Toulouse: [s. n.], 1977), pp. 363 - 386.

(١٨) Nūr al-Din Abū Isḥāk al-Bitrūjī, *On the Principles of Astronomy*, an edition of the arabic and hebrew versions with translation, analysis, and an arabic - hebrew - english glossary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 7, 2 vols. (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1971).

عن عمله. وقد أخذ البطروجي على عاتقه التوفيق بين نماذج مدارات الكواكب الموحدة المركز عند أرسطو والنماذج المختلفة المراكز والمتضمنة لأفلاك التدوير عند بطلميوس. وتمثلت فكرته في صيغة معدلة لنماذج بطلميوس على سطح كرة بدل أن تكون في مستوى فلك البروج، وذلك بهدف تجنب انتقادات بعض فلاسفة إسبانيا المسلمين.

والحل الذي اقترحه البطروجي كان موضع تعليقات وانتقادات أوردها يهودا بن سلومون كوهن الطليطلي (Yahuda ben Salomon Kohen de Tolède) في مؤلفه الموسوعي الذي كتبه في الأصل بالعربية ثم ترجمه بنفسه إلى العبرية سنة ١٢٤٧م. كما علق عليه ليفي بن جرسون (Levi ben Gerson) (المتوفى سنة ١٣٤٤م) في رسالته الفلكية المكتوبة بالعبرية، التي تؤلف الجزء الأول من مقالته الخامسة الواردة في مؤلفه الفلسفي الكبير **حروب الرب** *(Les Guerres du Seigneur)*. وانتقده كذلك اسحق إسرائيلي الطليطلي (حوالى سنة ١٣١٠م) في مقالته الفلكية بالعبرية **خلق العالم (ياسود عولام)**[١٩]. وفي الواقع، فقد تم رفض محاولة تغيير نماذج بطلميوس، لأن البطروجي لم يستطع تفسير جميع الظواهر الفلكية المعروفة، في حين أن نماذج بطلميوس نجحت تماماً بالتنبؤ بهذه الأحداث. إن ترجمة موشيه بن تبون الحرفية تماماً والخالية من أي شرح كانت أساساً في تكوين مصطلح تقني لم يكن موجوداً قبل القرن الثاني عشر الميلادي[٢٠].

وبفضل جهود موشيه بن تبون، بالدرجة الأولى، استطاع العلماء اليهود اللاحقون، الذين كانت العبرية لغتهم الأدبية الوحيدة، أن يقدموا إسهامات علمية أصيلة مستندين إلى المدرستين السابقتين اليونانية والعربية. مع ذلك لم تتوقف الترجمات من العربية إلى العبرية في القرن الرابع عشر الميلادي. فعلى سبيل المثال، ترجم صموئيل بن يهوذا المارسيلي (Samuel ben Judah de Marseille) (المتوفى سنة ١٣٤٠م) إلى العبرية **رسالة ما الفجر والشفق** كتبها إبن معاذ الجياني في إسبانيا في القرن الحادي عشر الميلادي، وقد فقد أصلها العربي[٢١]. وتتعلق هذه الرسالة بمحاولة تحديد ارتفاع الجو بواسطة قياسات قوس انحطاط الشمس عند طلوع النهار أو عند هبوط الليل. والقوس هذا محدد كقوس ينطلق من الشمس (تحت الأفق) إلى الأفق، وهو موجود على دائرة تمر بسمت رأس الراصد. ويستنتج إبن معاذ بواسطة استدلال هندسي واضح، أن ارتفاع الجو هو ٨٠ كيلومتراً تقريباً فوق سطح الأرض، وقد أشار توريشلي أيضاً إلى هذا الارتفاع في العام ١٦٤٤م. بالإضافة إلى ذلك، نقح صموئيل بن يهوذا ترجمة عبرية سابقة لمؤلف جابر بن أفلح **إصلاح**

---

(١٩) المصدر نفسه، مج ١، ص ٤٠ ـ ٤٤.

(٢٠) انظر: G. B. Sarfatti, *Mathematical Terminology in Hebrew Scientific Literature of the Middle Ages* (Jerusalem: [n. pb.], 1968).

(٢١) Bernard Raphael Goldstein, «Ibn Mu'ādh's Treatise on Twilight and the Height of the Atmosphere,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 17 (1977), pp. 97 - 118.

المجسطي. ويطلعنا بن يهوذا إلى حد ما عن دوافعه للقيام بهذا العمل، فيقول: «عندما توصلت، في هذا العصر، إلى ادراك جيد لهذا العلم الشريف (علم الفلك) ولجميع، أو تقريباً لجميع، العلوم الأخرى، فهمت انطلاقاً من ملحوظات ابن رشد في كتابه حول هذا العلم، أن كل ما هو جيد فيه قد جمع في مؤلف ابن أفلح...»[٢٢].

وتظهر المقارنة بين **مختصر المجسطي** لابن رشد (إسبانيا، القرن الثاني عشر للميلاد) وكتاب ابن أفلح في علم الفلك، سداد رأي صموئيل بن يهوذا.

وهناك مترجم آخر من العصر نفسه اسمه كلونيموس بن كلونيموس (آرل (Arles)، توفي بعد العام ١٣٢٨م)، نقل النسخة العربية لكتاب بطلميوس في **اقتصاص جمل حالات الكواكب المتحيرة** إلى العبرية[٢٣]. لم يبق من هذا المؤلف سوى جزء منه باليونانية، أما مناقشة بطلميوس حول المسافات الكونية، التي لعبت دوراً مهماً في النظرية التي كانت سائدة في القرون الوسطى، فقد سلمت فقط في الترجمتين العربية والعبرية. وتفترض نظرية بطلميوس أن النموذج الهندسي، المستخدم للتنبؤ بموقع كوكب ما، يحدد أيضاً المسافات النسبية بين هذا الكوكب والأرض. فأنشأ بذلك مجموعة من الكرات الكوكبية، حيث تغلف كل واحدة منها الأخرى، دون أن يكون هناك حيز فارغ فيما بينها، وتملأ هذه المجموعة الكون بأسره، بحيث تقع الكرة الخارجية، وهي كرة النجوم الثابتة، على مسافة ٢٠,٠٠٠ شعاع أرضي تقريباً.

أما الفلكي الأكثر أصالة والذي كتب بالعبرية، فهو ليفي بن جرسون (١٢٨٨ - ١٣٤٤م)، الذي عاش في أورانج ومكث أحياناً بالقرب من أفينيون (Avignon)[٢٤]. وقد وضع مؤلفاً فلكياً طويلاً، يذكر فيه أن نماذج بطلميوس يجب أن تتوافق مع أرصاده الشخصية للظواهر الكوكبية وللكسوفات، وإلا وجب استبدالها بنماذج أخرى تكون أكثر ملاءمة. وفيما يتعلق بالمدرسة البطلمية، فقد ارتكز بشكل أساسي على أعمال البتاني، التي وردت على الأرجح في الترجمة العبرية لأبراهام بارحيّا. كما نجد في

---

(٢٢) L. V. Berman, «Greek into Hebrew: Samuel ben Judah of Marseilles, Fourteenth - Century Philosopher and Translator,» in: Alexander Altmann, ed., *Jewish Medieval and Renaissance Studies* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967), p. 315.

(٢٣) Bernard Raphael Goldstein, «The Arabic Version of Ptolemy's *Planetary Hypotheses*,» reproduction of the entire arabic manuscript, which contains the second part of book I, and a partial english translation, *Transactions of the American Philosophical Society* (N.S.), vol. 57, part 4 (1967), pp. 3 - 55.

(٢٤) Bernard Raphael Goldstein: *The Astronomical Tables of Levi ben Gerson*, Transactions- Connecticut Academy of Arts and Sciences; v. 45 (New Haven, Conn.: Connecticut Academy of Arts and Sciences, 1974), and *The Astronomy of Levi ben Gerson*, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 11 (New York: Springer - Verlag, ©1985).

المؤلف الفلكي لليڤي بن جرسون جداول مبنية على نماذج جديدة تلبي متطلبات أساس فلسفي صلب وتتوافق مع أرصاده الخاصة. ويستبعد ليڤي نموذج أفلاك التدوير، الذي غالباً ما استخدمه بطلميوس، لكنه يقبل نموذج بطلميوس حول نقطة اعتدال المسير، وهو النموذج الذي انتقده بعنف عدد كبير من العلماء المسلمين ومن بينهم ابن الهيثم (القرن الحادي عشر الميلادي) ونصير الدين الطوسي (القرن الثالث عشر الميلادي)[٢٥]. ويبدو أن ليڤي لم يكن مطلعاً على الأبحاث الفلكية الهامة التي أجراها علماء مسلمون معاصرون له في العالم الإسلامي الشرقي. وقد عدل ليڤي في الأسطرلاب، وهو الآلة المعروفة جيداً في العالم الإسلامي، والتي تستخدم للقيام بالأرصاد، وكذلك لتحويل الإحداثيات[٢٦]. ويتمثل هذا التحويل في إضافة سلم مقياس مستعرض على حافة الأسطرلاب، بهدف إظهار التقسيمات الزاوية الأكثر دقة. وقد استخدم فيما بعد تيكو براهي (Tycho Brahe) (القرن السادس عشر الميلادي) هذا المقياس المستعرض على قوس دائرة، في آلات رصد عالية الدقة[٢٧]. وكان ليڤي مدركاً بعض العيوب في نموذج بطلميوس القمري، وقد أشار إليها ابن الشاطر أيضاً (دمشق، القرن الرابع عشر الميلادي)؛ لكن حلول كل منهما كانت مختلفة تماماً[٢٨].

واعترف عمانوئيل بونفيس التراسكوني (Emmanuel Bonfils de Tarascon) (حوالى ١٣٦٠ م) الذي عاش في الجيل الذي تلا جيل ليڤي بن جرسون، بفضل الفلكيين المسلمين عليه، ولا سيما منهم البتاني[٢٩]. وقد ترجمت جداوله الشائعة المتعلقة بالشمس والقمر، **الأجنحة الستة**، من العبرية إلى اللاتينية واليونانية البيزنطية. هذا وقد فضل

---

(٢٥) انظر: Shlomo Pines, «La Dynamique d'Ibn Bājja,» dans: *Mélanges Alexandre Koyré,* histoire de la pensée; 12 - 13, 2 vols. (Paris: Hermann, 1964), vol. 1: *L'Aventure de la science,* pp.442-468.

أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **الشكوك على بطليموس**، تحقيق عبد الحميد صبره ونبيل الشهابي؛ تصدير إبراهيم مدكور (القاهرة: مطبعة دار الكتب، ١٩٧١)، و Edward Stewart Kennedy, «Late Medieval Planetary Theory,» *Isis,* vol. 57, no. 189 (Fall 1966), pp. 365 - 378.

(٢٦) Bernard Raphael Goldstein, «Levi ben Gerson: On Instrumental Errors and the Transversal Scale,» *Journal for the History of Astronomy,* vol. 8 (1977), pp. 102 - 112.

(٢٧) Hans Henning Raeder, Elis Strömgren and Bengt Strömgren, eds. and trs., *Tycho Brahe's Description of His Instruments and Scientific Work, as Given in Astronomiae Insturatae Mechanica* (Kobenhavn: I. Kommission hos E. Munksgaard, 1946), pp. 29 - 31.

(٢٨) حول ابن الشاطر، انظر: Edward Stewart Kennedy and I. Ghanem, *The Life and Work of Ibn al-Shātir: An Arab Astronomer of the Fourteenth Century* (Aleppo: Institute for the History of Arabic Science, 1976).

(٢٩) Bernard Raphael Goldstein, «The Role of Science in the Jewish Community in Fourteenth Century France,» *Annals of the New York Academy of Sciences,* vol. 314 (1978), pp.39 - 49.

بونفيس جداول البتاني المتعلقة بنماذج بطلميوس على جداول ليڤي بن جرسون، مما يثير دهشة الباحثين.

وكان لوقع العلم الآتي من العالم الإسلامي في الشرق صدى كبير استمر لاحقاً. فعلى سبيل المثال، ترجم شلومو بن إلياهو (Schelomo ben Eliyahu) من سالونيك (حوالى العام ١٣٨٠م) من اليونانية البيزنطية إلى العبرية نصاً يسمى **الجداول الفارسية**، ومصادره الأخيرة موجودة في العالم الإسلامي[٣٠]. كما يحتوي نص عبري آخر (الفاتيكان، مخطوطة ٣٨١) على جداول شبيهة بجداول نص عربي مغفل، معروف من خلال عدد من النسخ (مثلاً، باريس، المكتبة الوطنية، مخطوطة المقالة ٢٤٢٨)[٣١]. ويستخدم هذا النص السنة ٦٠٠ من التقويم الفارسي (التي توافق السنة ١٢٣١م) كنقطة انطلاق، فهو بذلك يعود على وجه الاحتمال إلى القرن الثالث عشر للميلاد في العالم الإسلامي الشرقي. لذلك لا بد من إجراء تحاليل أكثر عمقاً، لمعرفة تاريخ هذا النص في العربية وفي العبرية وكذلك في اليونانية البيزنطية، وليس في استطاعتنا الآن معرفة مترجم النص إلى العبرية، كما لا نعلم أين عاش أو أين عمل.

ونجد أيضاً بين مخطوطات المكتبة الوطنية نسخة عن ترجمة عبرية مغفلة لجداول ألغ بك[٣٢]، التي وضعت في منتصف القرن الخامس عشر. وقد كتبت هذه النسخة على وجه الاحتمال في ضواحي البندقية، حوالى العام ١٥٠٠م. إن هذه الترجمة مثيرة للاهتمام بشكل خاص، لأنها تدفعنا إلى الاعتقاد بأن بعض جوانب علم الفلك الإسلامي الشرقي، بل ربما أيضاً نماذج ابن الشاطر القمرية والكوكبية، وصلت إلى الفلكيين الأوروبيين بواسطة اللغة العبرية. فقد لاحظنا حتى الآن صنوفاً من التشابه بين نماذج ابن الشاطر وكوبرنيكوس، لكننا لم نتمكن من إثبات أية طريقة ممكنة لهذا الانتقال[٣٣]. كما أن جداول ألغ بك مذكورة أيضاً في ملحق كتاب صلاة بالعبرية، منشور في البندقية سنة ١٥٢٠م[٣٤]. كذلك تم تحديد هوية نسخة عربية من القرن التاسع عشر لجداول ابن الشاطر، مدونة بأحرف عبرية وموجودة في مدينة حلب في سوريا. وهذا مؤشر آخر عن الوقع الذي أحدثه العلم الإسلامي الشرقي على الطائفة اليهودية[٣٥].

---

(٣٠) Goldstein, «The Survival of Arabic Astronomy in Hebrew,» p. 36.

(٣١) ورد ذكر الترجمة العربية لهذا النص في: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, vol.5: *Mathematik*, p. 324,

تحت اسم أبي الوفاء. ورغم أن هذا الأخير قد ورد ذكره في المقدمة، لكنه ليس مؤلف هذا. لم يتم تحديد الترجمة العبرية، ولم يرد ذكرها من قبل.

(٣٢) مخطوطة عبرية (١٠٩١)، انظر: Goldstein, «The Survival of Arabic Astronomy,» p. 38.

(٣٣) Grażyna Rosińska, «Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī and Ibn al-Shāṭir in Cracow?» *Isis*, vol. 65, no. 227 (June 1974), pp. 239 - 243.

(٣٤) Goldstein, *The Astronomical Tables of Levi ben Gerson*, p. 75.

(٣٥) Goldstein, «The Survival of Arabic Astronomy,» p. 38.

ودرس البحاثة اليهود اليمنيون كثيراً أعمال العلماء المسلمين. فلقد وجد في اليمن عدد كبير من نسخ نصوص عربية مدونة بحروف عبرية، ومن بينها نص في علم الفلك وضعه جابر بن أفلح في القرن الثاني عشر الميلادي في إسبانيا، بالإضافة إلى نص آخر للجداول الفلكية التي وضعها كوشيار بن لبان في القرن الحادي عشر الميلادي في إيران، وهذا يعني أن اليهود اليمنيين كانوا على اتصال بالتقاليد العلمية التي تخص مناطق مختلفة من العالم الإسلامي[(٣٦)].

واعتبر عدد لا يستهان به من العلماء اليهود، وليس جميعهم، أن التنجيم مادة علمية حقيقية، فكتبوا مقالات تتضمن استشهادات كثيرة. وربما كان أبراهام بن عزرا أكثر المعلقين شهرة في مجال التنجيم، وقد استند في أعماله، إلى حد بعيد، إلى المصادر العربية. كما أنه ترجم إلى العبرية مؤلفاً في التنجيم العربي هو **كتاب الكسوفات** *(Le Livre des éclipses)* لِ ما شاء الله، والذي يحتوي على مناقشة حول تاريخ التنجيم. وقد وردت في هذا المؤلف نظرية تعتبر أن المراحل التاريخية تطابق الفترات الزمنية التي تفصل ما بين اقترانات[(٣٧)] الكواكب[(٣٨)]. ومن بين معارضي التنجيم نذكر ابن ميمون، الذي كتب مؤلفاً نقدياً هاجم فيه هذه النظرية، حيث اعتبرها متناقضة مع العلم والدين في آن معاً[(٣٩)].

ولقد وجدت، بين مستندات الجنيزة في القاهرة، مجموعة مهمة من النصوص التنجيمية مؤلفة من أزياج فلكية وخرائط لبروج السماء بالعربية، بعضها مدون بحرف عربي وبعضها الآخر بحرف عبري. وتعود هذه الأزياج جميعها إلى القرن الثاني عشر الميلادي، وهي تتميز باتباعها التقويم الإسلامي، وبتقديم إسنادات إلى تقاويم أخرى كانت مستخدمة في العالم في القرون الوسطى لم يكن التقويم اليهودي من بينها. وهذا ما يدعو إلى الاعتقاد بأن هذه الأزياج نشأت خارج إطار الطائفة اليهودية، مما يعطينا بعض الإيضاحات حول ميول المسلمين بصدد التنجيم، وكذلك حول اهتمام اليهود بهذا الموضوع[(٤٠)]. وهنالك

---

(٣٦) Goldstein, «Scientific Traditions in Late Medieval Jewish Communities,» pp. 235 - 247.

حول كوشيار، انظر: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, vol. 6: *Astronomie*, p. 246.

انظر أيضاً: Y. Tzvi Langermann, *The Jews of Yemen and the Exact Sciences* (Jerusalem: [n. pb., n. d.]), in hebrew with an english summary.

(٣٧) اقترانات جمع اقتران وهو التقاء ظاهري بين كوكبين أو أكثر في منطقة واحدة.

(٣٨) Bernard Raphael Goldstein, «The Book of Eclipses of Masha'allah,» *Physis*, vol. 6 (1964), pp. 205 - 213.

(٣٩) I. Twersky, *A Maimonides Reader* (New York: [n. pb.], 1972), pp. 463 - 473.

(٤٠) Bernard Raphael Goldstein and David Pingree: «Additional Astrological Almanacs from the Cairo Geniza,» *Journal of the American Oriental Society*, vol. 103 (1983), pp. 673 - 690, and «More Horoscopes from the Cairo Geniza,» *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 125, no. 2 (April 1981).

أيضاً نص فلكي صادر عن الجنيزة، قد يكون كتب بمنظور تنجيمي، ونستطيع تحديد تاريخ كتابته في العام ١٢٩٩م[٤١]. كما نستطيع أن نثبت بواسطة براهين من داخل النص، أن المؤلف المجهول لهذا المستند العربي المكتوب بأحرف عبرية، مدين لجداول ابن يونس الفلكية (القاهرة حوالى سنة ١٠٠٠م)، التي كانت شائعة أيضاً بين العلماء المسلمين. ومع أن هذا النص مختصر، إلا أنه مفصل بما يكفي ليسمح لنا بكشف أخطاء عديدة من مختلف الأصناف، تظهر حدود فهم المؤلف لعلم الفلك.

لقد ناقش الفلكيون اليهود كثيراً في العصر الوسيط مسألة الآلات العلمية، وهنا أيضاً باستطاعتنا التعرف على تأثير المدرسة العربية. فعلى سبيل المثال، أعطى الحدب (حوالى العام ١٤٠٠م)، المتحدر من أصل إسباني والمهاجر إلى صقلية، وصفاً لصفيحة جامعة لتقويم الكواكب، ابتكرها بنفسه. وقد كان هذا الصنف من الآلات معداً للسماح للفلكيين بتحديد مواقع الكواكب، دون اللجوء إلى حسابات معقدة انطلاقاً من الجداول الفلكية. وفي الحقيقة، فقد تم تصور الكثير من التعديلات والتكييفات البارعة للنماذج الكوكبية لبلوغ هذا الهدف، كما تنبئنا بذلك نصوص عربية ولاتينية، ونصوص عبرية حالياً[٤٢]. ويذكر الحدب علماء مسيحيين دون أن يسميهم، بالإضافة إلى الزرقالي (إسبانيا، القرن الحادي عشر الميلادي) وابن الرقام (تونس، القرن الثالث عشر الميلادي) وعلماء مسلمين آخرين.

والخلاصة هي أن العلماء اليهود في العصر الوسيط، وفي بلدان مختلفة، في أوروبا المسيحية كما في العالم الإسلامي، مدينون للعلم العربي، فيما يتعلق بالنص العربي الأصلي وبالترجمة إلى العبرية في آن معاً. فانطلاقاً من هذا الإرث استطاعوا أن يقدموا إسهامهم في مواد علمية مختلفة، خلال عدة قرون.

---

(٤١) Bernard Raphael Goldstein and David Pingree, «Astronomical Computations for 1299 from the Cairo Geniza,» *Centaurus*, vol. 25 (1982), pp. 303 - 318.

(٤٢) Bernard Raphael Goldstein, «Descriptions of Astronomical Instruments in Hebrew,» in: David A. King and George Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy*, Annals of the New York Academy of Sciences; v. 500 (New York: New York Academy of Sciences, 1987), pp. 105 - 141.

– ٩ –

تطورات العلم العربي في الأندلس

خوان ڤيرني (*)
خوليو سامسو (**)

مقدمة

يمتد الإطار التاريخي لهذا الفصل[١] من سنة ٧١١م، تاريخ الفتح الإسلامي الأول لشبه الجزيرة الإيبيرية، إلى سنة ١٤٩٢م، تاريخ استيلاء الملوك الكاثوليك على مدينة غرناطة وسقوط بني نصر، آخر السلالات المسلمة المستقلة التي حكمت في إسبانيا. وسندرس ضمن هذا الإطار، تطور العلوم الصحيحة والعلوم الفيزيائية ـ الطبيعية التي وضعت باللغة العربية خلال هذه المدة من الزمن، في ظل السيطرة السياسية للإسلام. ولقد اخترنا أن نستبعد الطب من دراستنا هذه. لكننا لم نستبعد الصيدلة بسبب الارتباط المباشر لعلم تركيب العقاقير، بعلم النبات. موضوعنا، إذن، هو تطور هذه العلوم التي حملتها اللغة العربية، مع أن المصادر التي حفظتها لنا الأيام لم تكن أحياناً باللغة العربية، إنما كانت باللاتينية أو بالعبرية أو بالقشتالية، أو حتى بالكاتالونية. إن نهجنا هذا يقودنا، إذن، إلى إهمال مساهمات «المدجَّنين» (Mudéjares) أي المسلمين الذين عاشوا في ظل

(*) أستاذ في جامعة برشلونة.

(**) أستاذ في جامعة برشلونة.

قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي ونقولا فارس.

(١) الدراسة الوحيدة الشاملة والحديثة العهد هي دراسة: Juan Vernet, *La Ciencia en al-Andalus* (Sevilla: [s. n.], 1986).

سيطرة سياسية مسيحية، كما يقودنا إلى إهمال مساهمات «الموريسكوس» (Moriscos)، أي المسلمين الذين اعتنقوا المسيحية ظاهرياً، في أواخر القرن السادس عشر وأوائل القرن السابع عشر للميلاد. إن إهمالنا لهذه المساهمات المتواضعة بالفعل، لا ينقص من أهميتها الكبيرة من الناحية الاجتماعية ـ التاريخية. وتجدر الإشارة إلى أن استثناء الطب من دراستنا يعود بشكل رئيس إلى نقص الدراسات الدقيقة في هذا المجال، مع أن أبحاثاً فيما يخص تاريخ العلوم الطبية(٢) قد بدأت بالفعل.

وفيما يتعلق بالإطار الجغرافي لهذه الدراسة، تجدر الملاحظة بأن كلمة «الأندلس» التي نستعملها هنا لا تشير إلى المنطقة الإسبانية التي تحمل حالياً هذا الاسم، بل إلى ما اتفق العرب على إعطائه اسم «الأندلس» وهو كامل إسبانيا المسلمة، أي الواقع السياسي، والثقافي غالباً، الذي طالت حدوده جبال البيرينه في القرن الثامن الميلادي، والذي انكمش تدريجياً بدءاً من ذلك التاريخ، تحت ضغط حملات «الاسترداد» المسيحية، بحيث اقتصر في القرن الثالث عشر، على حدود مملكة غرناطة.

إن هذا التاريخ الذي يمتد على مدى ثمانية قرون ليس معروفاً بشكل متساوٍ. فهو مدروس بشكل لا بأس به حتى القرن الثاني عشر للميلاد وبشكل سيىء فيما بعد، ذلك لأن عصور الانحطاط لا تجتذب كثيراً اهتمام المؤرخين. ومن ناحية أخرى، فإن مقابلة تطور العلم العربي في الأندلس مع تطور قرينه في المشرق تظهر بعض الفوارق الهامة. أول هذه الفوارق هو بقاء علم متواضع وثقافة لاتينية ـ قوطية ـ مستعربة سيطرت حتى منتصف القرن التاسع تقريباً، واستمرتْ حتى القرن الحادي عشر على الأقل. وقد امتدت عملية طبع العلم الأندلسي بطابع شرقي طوال الفترة الزمنية الواقعة بين عام ٨٥٠ وعام ١٠٣١م تقريباً، أي حتى سقوط خلافة قرطبة: فقد أخذت مساهمات العلوم المشرقية تتضاءل بعد القرن الحادي عشر الميلادي(٣). وبدأ العلم الأندلسي يستقل تدريجياً، ليقتصر ارتباطه على العلاقات الثقافية مع شمالي افريقيا. ولقد شكل القرن الحادي عشر العصر الذهبي لهذا العلم الذي كان يتطور إجمالاً مع فارق زمني عن العلم المشرقي، يناهز قرناً

---

(٢) انظر في هذا الخصوص: Luis García Ballester: *Historia social de la medicina en la España de los siglos XIII al XVI,* colección textos (Madrid: Akal, °1976-), vol. 1: *La Minoría musulmana y morisca,* and *Los moriscos y la medicina: Un capítulo de la medicina y la ciencia marginadas en la España del siglo XVI,* Labor Universitaria. Monografías (Barcelona: Labor, 1984).

(٣) يمكن أن نتابع جيداً تطور هذه المساهمات بفضل الترجمة، انظر: Juan Vernet, *Ce que la culture doit aux arabes d'Espagne,* traduit de l'espagnol par Gabriel Martinez Gros, la bibliothèque arabe, collection l'histoire décolonisée (Paris: Sindbad, 1985); traduction allemande: *Die Spanisch - arabische Kultur in Orient und Okzident* (Zürich; Munich: [n. pb.], 1984).

من الزمن تقريباً. ولقد خف هذا الوهج العلمي ابتداءً من القرن الثاني عشر الذي كان بشكل أساسي عصر العلوم الفلسفية. ولكن الانحطاط لم يبدأ إلا مع القرن الثالث عشر، الذي شهد ولادة حقبة زمنية نشطةٍ علمياً في إسبانيا المسيحية (ألفونس العاشر). ولم تعد الأندلس تتمتع عملياً بمساهمات العلم في الشرق الذي عرف تجدداً في بداية القرن الثالث عشر. وطوال هذه الحقبة غذى علماء الأندلس بشكل خاص علوم الفلك والنبات والطب والزراعة، وغالباً لم يعيروا اهتمامهم إلى الرياضيات. ولكن لا بد من الإشارة إلى أن أبحاثاً حالية حول بعض الشخصيات كالملك المؤتمن ملك سرقسطة وابن معاذ الجياني وابن باجه قد تجعلنا نغير رأينا هذا في مستقبل قريب.

أولاً: بقاء الثقافة الإيزيدورية (٧١١ ـ ٨٥٠م)

لم يكن المسلمون الذين اجتاحوا إسبانيا رجال علم أو قوماً مثقفين. فموجات الاجتياح الأولى تشكلت غالباً من شعوب «البربر»[٤] المعربين حديثاً[٥]، هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، فإن مؤرخي تلك الفترة الإسبانية ـ العربية (وخاصة ابن القوطية) يقدمون لنا بعض الشخصيات العربية الرفيعة التي دخلت شبه الجزيرة الإيبرية في القرن الثامن للميلاد، كشخصيات ذات مستوى ثقافي متدنٍ. ولكننا نستطيع بالطبع إيجاد استثناءات في هذا المجال. فالأموي الأندلسي الأول عبد الرحمن الداخل (٧٥٦ ـ ٧٨٨م) قام، في حديقة قصره، «الرصافة» ـ الذي أعطاه هذا الاسم تيمناً بقصر جده هشام في دمشق ـ بمحاولات لجعل النباتات الشرقية تتأقلم مع المناخ الأندلسي. كما أن عدداً من أفراد حاشيته أجرى تجارب مماثلة. وهكذا تشكلت الخطوة الأولى على طريق إنشاء حدائق علم النبات التي أنشئت في إسبانيا ابتداءً من القرن الحادي عشر[٦]. ولكن هذه الحالات التي تدل على الاهتمام بالعلم في بداية الحكم العربي للأندلس، كانت استثنائية بالفعل. فلقد شاع عند المسلمين أن الحنش الصنعاني، وهو أحد «التابعين»، كان يتمتع ببعد نظر وبقدرة على استباق الأحداث، كما شاع أنه حدد سمت «القبلة» للجوامع الكبرى لمدينتي قرطبة وسرقسطة. ولكن تبين، حتى منذ القرن العاشر، أن تحديد القبلة لجامع قرطبة كان

---

(٤) سكان شمالي أفريقيا الأصليين. (المترجم).

(٥) يعطي غويشار للعنصر العربي في موجات الاجتياح الأولى، أهمية عددية أكبر من تلك التي توليها إياها المراجع الاسبانية التقليدية. ولكن هذا لا يغير من جوهر معطيات الموضوع. انظر:

Pierre Guichard, *Structures sociales «orientales» et «occidentales» dans l'Espagne musulmane,* civilisations et sociétés; 60 (Paris: Mouton, °1977).

(٦) انظر: Julio Samsó, «Ibn Hishām al-Lajmī y el primer jardín botánico en al-Andalus,» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos en Madrid,* vol. 21 (1981 - 1982), pp. 135 - 141.

تحديداً سيئاً[٧]. ولا شك أن مسألة تحديد الاتجاه كانت من التعقيد بحيث تصعب على معارف ذلك العصر، وفي المحيط الأندلسي بالذات. وفيما يتعلق بالإمكانات المعرفية لذلك العصر، نجد في المصادر التاريخية التي اهتمت باحتلال الأندلس، أسانيد ترتكز على ممارسات العرافة والتنجيم وذلك في الأوساط المسيحية والمسلمة على السواء[٨]. ويمكن وصف التقنيات الخاصة بهذا الشأن، التنجيمية منها أو غير التنجيمية، بأنها نادراً ما كانت دقيقة. ومن جهة أخرى، هناك عدد من المعطيات التي تسمح لنا بالدفاع عن نظرية استمرار التقليد الفلكي والتنجيمي اللاتيني ـ القوطي في الوسط الأندلسي المسلم. فكتاب **ذِكر بلاد الأندلس**، الذي ألفه كاتب مغربي مجهول الاسم، في النصف الثاني من القرن الرابع عشر أو في مستهل القرن الخامس عشر الميلادي، ينسب إلى الملك سيسبوت (Sisebut) (٦١٢ ـ ٦٢١م) كتابات أشعار، حول مسائل تخص علم الفلك والتنجيم والطب. وإننا لا نعلم شيئاً حول كتابات سيسبوت في الطب، ولكنه بدون شك مؤلف الكتاب: *Epistula metrica ad Isidorum de libro rotarum* حيث يعطي تفسيراً عقلانياً وصحيحاً لكسوف الشمس ولخسوف القمر. كما أن الرازي، المؤرخ المعروف، يتحدث عن شهرة إيزيدور الإشبيلي كمنجم. هذه الشهرة التي قد ترجع إلى القسم الفلكي من كتاب **الاشتقاقات**[٩] *(Etymologies)* وإلى كتابه *De natura rerum*[١٠]. وفي الواقع فإن العمل الموسوعي لإيزيدور هو أكثر أهمية مما قد يتصوره المرء للوهلة الأولى. ففي هذا العمل، نجد ذكراً للسنوات ـ الحدود البابلية التي هي في أساس التقاويم الفلكية كتقويم

---

(٧) انظر: Manuela Marín, «Ṣaḥāba et ṭābi'ūn dans al-Andalus: Histoire et légende,» *Studia Islamica,* vol. 54 (1981), pp. 5 - 49.

وحول تحديد القبلة في الأندلس، انظر: David A. King, «Three Sundials from Islamic Andalusia,» *Journal for the History of Arabic Science,* vol. 2, no. 2 (November 1978), pp. 358 - 392, reprinted in: David A. King, *Islamic Astronomical Instruments* (London: Variorum Reprints, 1986), and Julio Samso, «En torno al problema de la determinación del acimut de la alquibla en al-Andalus en los siglos VIII y IX: Estado de la cuestión e hipótesis de trabajo,» in: *Homenaje a Manuel Ocaña Jiménez* (Córdoba: Junta de Andalucia, Consejeria de Cultura, 1990), pp. 207 - 212.

(٨) انظر: Manuela Marín, «*'Ilm al-nujūm* et *'Ilm al ḥidthān* en al-Andalus,» paper presented at: *Actas del XII Congreso de la U.E.A.I.* (Madrid: [n. pb.], 1986), pp. 509 - 535, and Julio Samsó, «Astrology, Pre - Islamic Spain and the Conquest of al-Andalus,» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos,* vol. 23 (1985 - 1986), pp. 39 - 54.

(٩) أو «علوم الاشتقاق»، أو المشتقات. (المترجم).

(١٠) انظر: Julio Samsó, «Nota sobre la biografía de Sisebuto en un texto árabe anónimo,» in: *Serta Gratulatoria in honorem Juan Régulo* (La Laguna: [n. pb.], 1985), vol. 1: *Filología,* pp.639 - 642.

الزرقالي مثلاً [11].

ولكن الأثر الأكثر وضوحاً لاستمرارية التقليد اللاتيني ـ القوطي في مجال التنجيم يوجد في مؤلف لألفونس العاشر هو *Libro de las Cruzes*. وهذا الكتاب هو ترجمة قشتالية لنص تنجيمي عربي اكتشفت حديثاً عدة مقاطع منه[12]؛ من بين هذه المقاطع تسعة وثلاثون بيتاً من أرجوزة شعرية لعبد الواحد بن اسحق الدبّي، وهو منجم بلاط الأمير هشام الأول (٧٨٨ ـ ٧٩٦م)؛ وهذه الأبيات تقع في الفصل السابع والخمسين من كتاب ألفونس العاشر *Libro de las Cruzes*[13]. وهكذا يكون لدينا نص هو، على حد علمنا، المصدر التنجيمي الأندلسي الأقدم والذي، إضافة إلى ذلك، كتب في عصر لا نعرف فيه وجوداً لأي أثر عن دخول النصوص التنجيمية الشرقية، ـ من التقليد الهندي أو الفارسي أو اليوناني ـ إلى الأندلس. نضيف إلى هذا، أن النصوص العربية التي حفظتها الأيام، وكذلك النسخ القشتالية لمؤلف ألفونس تشدد على أن «طريقة أحكام الصلوب» كانت المنهج القديم للتكهن التنجيمي الذي مارسه «روم» الأندلس وافريقيا والمغرب قبل إدخال مناهج المنجمين الشرقيين الأكثر تطوراً.

من كل هذا، نستنتج أن كتاب *Libro de las Cruzes* هو الشكل الأكثر تطوراً لموجز في التنجيم يعود أصله إلى اللاتينية الأولى، كان يستعمل في إسبانيا وأفريقيا الشمالية قبل الفتح الإسلامي. وقد استمر هذا النوع من التقنيات التنجيمية إلى ما بعد مرحلة «تشريق» الأندلس؛ فلدينا ما يدعو إلى الاعتقاد بأنه استخدم من قبل منجمي المنصور بن أبي عامر (٩٨١ ـ ١٠٠٢م)[14]؛ وقد أعيد النظر فيه فيما بعد ـ ربما في القرن الحادي عشر ـ من قبل المدعو عبيد الله والذي يعتبره المؤرخون، عادة، عبيد الله الإستيجي، وهو منجم معاصر لـ «صاعد» قاضي طليطلة. ولا بد أن هذا النوع من التقنيات بقي متداولاً حتى

---

(١١) انظر: Julio Samsó, «Astronomica Isidoriama,» *Faventia*, vol. 1 (1979), pp. 167 - 174.

(١٢) انظر: Juan Vernet, «Tradición y innovación en la ciencia medieval,» in: Juan Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval* (Barcelona; Bellaterra: [n. pb.], 1979), pp. 173-189, and Rafael Muños, «Textos árabes del *Libro de las Cruces* de Alfonso X,» in: Juan Vernet, éd., *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo XIII* (Barcelona: Facultad de Filosofia y Litras, Universidad Autónoma de Barcelona, 1981), pp. 175 - 204.

(١٣) انظر تحقيق وترجمة هذا النص في: Julio Samsó, «La Primitiva versión árabe del Libro de las Cruces,» in: Juan Vernet, éd., *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el siglo de Alfonso X* (Barcelona: Instituto de Filologia, Institución «Milá y Fontanals», Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983), pp. 149 - 161.

(١٤) انظر: Juan Vernet, «Astrología y política en la Córdoba del siglo X,» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos*, vol. 15 (1970), pp. 91 - 100.

القرن الثالث عشر، حيث أن ألفونس العاشر أمر بترجمة الكتاب المذكور(١٥).

يجب ألا نستغرب احتمال أن يكون أصل كتاب **أحكام الصلوب** لاتينياً، لأن هذا الاحتمال يؤكد معلوماتنا عن الثقافة الأندلسية لذلك العصر. فلقد كان أولوج القرطبي ـ وهو وجه عرف كملهم للحركة الإسبانية الغربية المسماة «الشهداء المتطوعون» والتي بدأت عام ٨٥٠م ـ مولعاً بالكتب اللاتينية. وقد وجد في مكتبته كتاب *Codex R.II 18 (Ovetense)* من إسكوريال الذي يحوي جزءاً من كتاب *De natura rerum* لإيزيدور الإشبيلي ونصوصاً جغرافية (متفرعة من كتاب **الاشتقاقات** ومن مصادر أخرى) كما يحوي بياناً بالكسوفات للعامين ٧٧٨ و٧٧٩م وجدول مكتبة كنيسة قرطبة... الخ. وهذه المحتويات كلها مرفقة بملحوظات هامشية باللغة العربية، نجد مثلها في مخطوطات لاتينية أخرى حاوية على كتاب **الاشتقاقات**. والمصدر الأكثر إثارة للانتباه هو الخريطة الجغرافية الإيزيدورية الشهيرة التي وضعت على شكل الحرف اللاتيني T والمحفوظة ضمن مخطوطة في المكتبة الوطنية في مدريد، حيث كتبت التعليقات عليها باللغة العربية. وهذا يدل على أنها رسمت إما من قبل عربي يعرف جيداً التقليد الإيزيدوري أو من قبل مستعرب(١٦). وبالانتقال من مجال الجغرافيا إلى مجال التاريخ تصبح الأدلة أكثر وضوحاً. لكن بحثنا هذا ليس المكان الملائم للتوسع والاستطراد. يكفي هنا أن نشير إلى الترجمة العربية التي جرت في قرطبة لكتاب *Historiarum adversos paganos libri septem* الذي ألفه باولوس أروسيوس(١٧). فهذه الترجمة التي جرت في زمن لاحق للمرحلة التي تهمنا، تشكل مثلاً يثبت صحة ما تقدم.

ولنعد الآن إلى مجال تاريخ العلوم، فسوف نتعرض لاحقاً إلى العناصر الثقافية «المستعربة» الموجودة في كتاب **تقويم قرطبة** *(Calendrier de Cordoue)*.

---

(١٥) في ما يتعلق بالتقنيات التي استعملها المنجمون الذين يتبعون «طريقة أحكام الصلوب»، انظر: Julio Samsó: «The Early Development of Astrology in al-Andalus,» *Journal for the History of Arabic Science,* vol. 3, no. 2 (Fall 1979), pp. 228 - 243, et «En torno a los métodos de cálculo utilizados por los astrólogos andalusíes a fines del s. VIII y principios del IX: Algunas hipótesis de trabajo,» paper presented at: *Actas de las II Jornadas de Cultura Arabe e Islámica* (Madrid: [n. pb.], 1985), pp. 509 - 522, et M. D. Poch, «El concepto de *quemazón* en el *Libro de las Cruzes,*» *Awrāq,* vol. 3 (1980), pp. 68 - 74.

(١٦) انظر: Gonzalo Menéndez Pidal, «Mozárabes y asturianos en la cultura de la Alta Edad Media en relación especial con la historia de los conocimientos geográficos,» *Boletín de la Real Academia de la Historia,* vol. 134 (1954), pp. 137 - 291.

(١٧) من بين المراجع العديدة المتعلقة بالموضوع نكتفي بالمقالة الحديثة لعبد الرحمن بدوي، في: باولوس أروسيوس، **تاريخ العالم**، تحقيق عبد الرحمن بدوي (بيروت: [د. ن.]، ١٩٨٢).

إن قراءة الفصل المتعلق بأطباء الأندلس في كتاب **طبقات الأطباء والحكماء** لابن جلجل الأندلسي[١٨]، مفيدة جداً في فقرتنا هذه. فالمؤلف يشير إلى أن الإسبان كانوا في أساس العلوم الطبية في الأندلس حتى عهد عبد الرحمن الثالث الناصر (٩١٢ ـ ٩٦١م) ويقول: «قد مورس الطب في الأندلس استناداً إلى واحد من كتب المسيحيين الذي تمت ترجمته. كان الكتاب يحمل عنوان *Aphorisme*، وتعني الكلمة كونه مصنفاً». وليس المقصود من عبارة «aphorisme» هنا التلميح إلى كتاب ألـ *Aphorismes* لأبقراط أو التيمّن بهذا المؤلف. ذلك لأن هذه الكلمة تشير، كما يقول إيزيدور الاشبيلي (انظر كتاب **الاشتقاقات**، ٤، ١٠)، حسب المصطلحات الطبية، إلى نوع من أنواع الكتابات الأدبية. ومن جهة أخرى، فمن بين الأطباء الستة الذين أتى ابن جلجل على ذكرهم إبان إمارات محمد (٨٥٢ ـ ٨٨٦م) والمنذر (٨٨٦ ـ ٨٨٨م) وعبد الله (٨٨٨ ـ ٩١٢م)، خمسة هم مسيحيون، يحمل اثنان منهم اسمين غير اعتياديين: حمدين بن أُبّه وخالد بن يزيد بن رمان. كما أن أحد أولئك الأطباء الخمسة، المدعو جواد هو مؤلف كتاب **عقار الراهب**.

ولقد تغير هذا الوضع مع عبد الرحمن الثالث، ولكن التقليد الطبي اللاتيني استمر في شخص يحيى بن اسحق وهو ابن طبيب مسيحي كتب خمسة دفاتر في كتاب *Aphorismes*. ويروى أن يحيى بن اسحق استشار أحد الرهبان بخصوص حالة التهاب أصاب أذن الخليفة. كل هذا يؤكده الطبيب سعيد بن عبد ربه (ت حوالى ٩٥٣ ـ ٩٧٧م) الذي يقول في مؤلفه **أرجوزة في الطب**: «إن أقصى الحدود (في الطب) لن يتم بلوغها إلا من قبل من سوف يتعرف إلى النصوص القديمة المترجمة عن العربية» (انظر المعربات)[١٩].

وتتجلى استمرارية التقليد اللاتيني في مجال ثالث هو مجال علم الزراعة. فحتى تاريخ حديث جداً، كانت مقبولة بشكل عام، فكرة وجود مباشر لتقليد كولوميلا (Columela) بين علماء الزراعة الأندلسيين. وكان مقبولاً أن نصل إلى حد افتراض وجود ترجمة عربية أنجزت في إسبانيا لكتاب *De re rustica* الذي ألفه كولوميلا. ولقد ارتكزت هذه النظرية على استشهادات ساقها ابن حجاج (حوالى ١٠٧٣م) عن كاتب يدعى يونيوس (Yûnyûs)، الذي درجت مطابقته مع Iunius Moderatus Columela[٢٠]، أي مع كولوميلا. ولكن، في العام ١٩٧٨، نسف المؤرخ روجرز (Rodgers) هذه النظرية مظهراً أن تشابه

---

(١٨) انظر: Juan Vernet, «Los médicos andaluces en el *Libro de las generaciones de médicos* de Ibn Ghulghul,» in: Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval,* pp. 469 - 486.

(١٩) انظر: R. Kühne, «La *Urjūza fī-l-ṭibb* de Sa'īd Ibn 'Abd Rabbihi,» *Al-Qanṭara,* vol. 1 (1980), pp. 279 - 338.

(٢٠) انظر التحقيق الحديث لـ كتاب **المقنع في الفلاحة** لابن الحجاج الذي قام به:
J. M. Carabeza, «La Edicion jordana de *al-Muqni'* de Ibn Ḥaŷŷāŷ: Problemas en torno a su autoría,» *Al-Qanṭara,* vol. 11 (1990), pp. 71 - 81.

استشهادات يونيوس مع بعض مقاطع *De re rustica*، يعود بالأحرى إلى تطابق المواضيع المعالجة، كاشفاً عن تناقضات بين هذين العملين، مظهراً أننا نجد المزيد من التشابه عندما نقابل استشهادات يونيوس مع المؤلف الزراعي الذي كتبه **Vindanios Anatolios de Berito** والمحفوظ في ترجمة عربية مشتقة من ترجمة سريانية سابقة. فيكون يونيوس إذاً ـ حسب روجرز وعطية ـ تحويراً لاسم Vindanios[٢١].

غير أنه، وعلى الرغم من الضربة التي تلقتها نظرية وجود تقليد كولوميلا في العلوم الزراعية في الأندلس، فقد حافظ، حتى أكثر الكتاب تحفظاً، على فكرة بقاءٍ لعلم الزراعة اللاتيني في إسبانيا المسلمة (وبقاء التقليد اللاتيني شكل، بالنسبة إلى بعض العلماء، سبباً من أسباب الفوارق الأساسية بين علم الزراعة الأندلسي ونظيره الشرقي). إن استمرار هذا الاقتناع يعود إلى أن ابن حجاج يؤكد ارتكازه على تقليد «الروم» (المستعربين) في الأندلس وأن ابن العوام (القرن الثاني عشر أو النصف الأول من القرن الثالث عشر للميلاد) يقول بأنه جمع آراءه من كتاب غير مسلمين. ولم يذكر ابن العوام أي اسم، لكنه كان يقدم استشهاداته بجمل مثل: «يقول بعض علماء الزراعة...» و«يقول آخرون...». ولقد توصل المؤرخ عطية إلى تحديد أحد مصادر ابن العوام التي لا اسم لها، وذلك ضمن مخطوطة عربية في المكتبة الوطنية في باريس. ويفترض بأن كاتب هذا المصدر إسباني، لأنه يدافع بشراسة عن طريقة إنجيلية لإخصاب الشجرة العاقر عن طريق تهديدها بالفأس. وهذا المصدر هو رسالة صغيرة من القرن العاشر الميلادي ألفها مستعرب يتمتع بثقافة عربية معمقة، يأتي على ذكر المؤلفين المعروفين من خلال كتبهم العربية الشرقية. ومن ناحية أخرى، نذكر بأن عطية نفسه يعتقد بوجود ترجمة إسبانية ـ عربية لإنجاز Martial[٢٢] في العلم الزراعي.

---

(٢١) انظر: R. H. Rodgers, «¿Yūniyūs o Columela en la España Medieval?» *Al-Andalus*, vol. 43 (1978), pp. 163 - 172.

(٢٢) انظر: Bachir Attié: «Ibn Haǧǧāǧ était-il polyglotte?» *Al-Qanṭara*, vol. 1 (1980), pp.243-261; «L'Ordre chronologique probable des sources directes d'Ibn al- 'Awwām,» *Al- Qanṭara*, vol. 3 (1982), pp. 299 - 332, et «La Bibliographie de *al-Muqni'* d'Ibn Haǧǧāǧ,» *Hespéris - Tamuda*, vol. 19 (1980 - 1981), pp. 47 - 74.

النص المتعلق بعلم الزراعة الذي يعتبره عطيّة عائداً لكاتب مسيحي، نُشر حديثاً بواسطة:

A. C. López, *Kitāb fī tartīb awqāt al-girāsa wa-l-magrūsāt: Un tratado agrícola andalusí anónimo* (Granada: [n. pb.], 1990).

ثانياً: تطور الثقافة الشرقية (٨٥٠ ـ ١٠٣١م)

إن اللوحة التي رسمناها حتى الآن هي وحيدة الجانب. فلقد شددنا على بقاء ثقافة لاتينية ـ قوطية في العلوم الأندلسية، لأن هذا البقاء يشكل السمة الأكثر تمييزاً. ولكننا لا ندعي أنها السمة الوحيدة. ومن ناحية أخرى، فإن الحدود الزمنية لعرضنا هذا هي عبارة عن نقاط استدلال بسيطة. فلقد قدمنا عدداً وافياً من الأمثلة التي تبرهن أن الثقافة اللاتينية قد استمرت إلى ما بعد سنة ٨٥٠م متعايشة مع الثقافة العربية.

ومن ناحية أخرى، وعلى الأقل منذ أن اعتلى أول أموي العرش سنة ٧٥٦م، بدأت عملية تشريق الثقافة الأندلسية، بمرحلة أولى طبعت بالتأثير السوري، تلتها مرحلة من التأثير العراقي الذي بدأ مع القرن التاسع وتوطد في ظل إمارة عبد الرحمن الثاني (٨٢١ ـ ٨٥٢م)[٢٣]. فالمسافرون الذين ذهبوا إلى الشرق إما للدراسة أو لأداء فريضة الحج كانوا يعودون بآخر المستجدات. فلقد أضحى الجامع الكبير لمدينة قرطبة الذي أسسه سنة ٧٨٦م، عبد الرحمن الأول، مركزاً لنشر الثقافة. وأدخلت ببطء، علوم الطب والفلك والرياضيات في التعليم العالي الذي كان يجري في الجوامع أو في بيوت خاصة (ولقد ظهرت «المدرسة» بعد هذه المرحلة بمدة طويلة)[٢٤].

إننا لا نعرف شيئاً عن تطور مؤسسات علمية أخرى كالمستشفيات (التي وجدت بالتأكيد) أو المراصد (التي قد يشك بوجودها) ولكن الأمر يختلف فيما يتعلق بالمكتبات[٢٥]. واهتمام بعض الأمراء الثابت بالكتب كان أمراً معروفاً. فلقد كان عبد الرحمن الثاني من قراء الكتب الفلسفية والطبية، ولقد أرسل عباس بن ناصح إلى الشرق ليشتري له الكتب. هذا، ومن الثابت وجود مكتبة ملكية منذ إمارة محمد (٨٥٢ ـ ٨٨٦م)، تطورت بشكل هائل في ظل إمارة الحكم الثاني (٩٦١ ـ ٩٧٦م)؛ فقد شاع أن

---

(٢٣) إن عملية التشريق هذه قد وصفت بدقة من وجهة نظر تاريخ الثقافة الأندلسية، بواسطة المؤرخ مكي.

(٢٤) حول التعليم في الأندلس، انظر: J. Ribera, «La Enseñanza entre los musulmanes españoles,» in: *Disertaciones y Opúsculos* (Madrid: [n. pb.], 1928), vol. 1, pp. 229 - 359, and محمد عبد الحميد عيسى، **تاريخ التعليم في الأندلس** (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٨٢).

(٢٥) انظر: J. Ribera, «Bibliófilos y bibliotecas en la España Musulmana,» in: *Disertaciones y Opúsculos,* vol. 1, pp. 181 - 228.

هذه المكتبة ضمت في ظل خلافته أربعمئة ألف مجلد. ولا يغير في هذا الواقع كون هذا الرقم مبالغاً فيه (نفس الرقم كان ينسب لعدد مجلدات مكتبة الإسكندرية الكبرى). ومن ناحية أخرى، بدأت تظهر مكتبات عديدة خاصة خلال القرنين العاشر والحادي عشر في قرطبة وإشبيلية وألَمرِيَّة وبداخُس وطليطلة وسرقسطة.. الخ.

وقد يعود الى عبد الرحمن الثاني الدور الأساسي في تشريق الثقافة العلمية. ويروي مؤلف مغربي مجهول الاسم من القرن الرابع عشر أو الخامس عشر، أنه «أول من أدخل كتب الازياج»، أي أول من أدخل الجداول الفلكية إلى الأندلس. كما أنه أول من أدخل إلى الأندلس كتب الفلسفة والموسيقى والطب وعلم الفلك(٢٦). ففي عصره أدخل عباس بن فرناس (ت ٨٨٧م)(٢٧) أو سَميُّه عباس بن ناصح (ت بعد ٨٤٤م)(٢٨) نسخة من جداول **السندهند** التي درج اعتبارها جداول الخوارزمي. ولربما كان **الدفتر المحكم** الذي يذكره عباس بن فرناس في شعره هو زيج أيضاً(٢٩). وعلى كل حال توصل التنجيم لأن يصبح علماً مرموقاً في بلاط قرطبة حيث أحاطت بالأمير حاشية من الشعراء المنجمين مثل ابن فرناس وابن ناصح ويحيى الغزال(٣٠) وابن شمر(٣١). وقد يعود هذا الاهتمام الذي أولاه الأمير للتنجيم، إلى الأحداث الفلكية الهامة التي حصلت خلال خلافته. فكسوف الشمس الذي حصل في ١٧ أيلول/ سبتمبر سنة ٨٣٣م والذي كان كلياً تقريباً في قرطبة أرعب سكان المدينة دافعاً بهم إلى الجامع الكبير لإقامة طقوس الصلاة. كما حصل سقوط كثيف للنيازك ما بين ٢٠ نيسان/ ابريل و١٨ أيار/ مايو سنة ٨٣٩م. ومنذ ذلك العهد على الأقل، أصبح المنجم من الشخصيات التي تتمتع بثقة الأمراء، ومن ثم بثقة الخلفاء، مما أثار غيرة، وحفيظة، الفقهاء وبعض الشعراء. ولدينا العديد من الشهادات التي تدل على

---

(٢٦) انظر: L. Molina, éd., *Una descripción anónima de al-Andalus* (Madrid: [n. pb.], 1983), vol. 1, p. 138.

(٢٧) انظر: E. Terès, «'Abbās b. Firnās,» *Al-Andalus*, vol. 25 (1960), pp. 239 - 249.

(٢٨) انظر: E. Terès, «'Abbās Ibn Nāṣiḥ, poeta y qāḍī de Algeciras,» dans: *Etudes d'orientalisme dédiées à la mémoire de Lévi - Provençal*, 2 vols. (Paris: G. - P. Maisonneuve et Larose, 1962), vol. 1, pp. 339 - 358.

(٢٩) انظر: ابن حيان، **المقتبس من أنباء أهل الأندلس**، تحقيق م. علي مكي (بيروت: [د. ن.]، ١٩٧٣)، ص ٢٨١ ـ ٢٨٢.

(٣٠) انظر: Vernet, «Tradición y innovación en la ciencia medieval,» pp. 173 - 189.

(٣١) انظر: E. Terès, «Ibn al-Šamir, poeta astrólogo en la corte de 'Abd al-Raḥmān II,» *Al-Andalus*, vol. 24 (1959), pp. 449 - 463.

المواقف الكلامية المعادية للتنجيم والتي لم تتوقف عند هذا الحد بل أصبحت في القرنين التاسع والعاشر للميلاد مواقف معادية لعلم الفلك أيضاً(٣٢).

وعرفت هذه المرحلة إدخال مستجدات علمية عديدة إلى الأندلس، بشكل متواصل. ويكفي هنا إعطاء بعض الأمثلة. فقد يعود فضل كبير في التشريق في مجال الطب إلى وجود طبيب في قرطبة يدعى الحرّاني، مارس الطب في بلاط عبد الرحمن الثاني. وابن جلجل الذي يذكر هذا الطبيب، يأتي أيضاً على ذكر حفيديه (؟) أحمد وعمر بن يونس الحراني، اللذين كانا طالبين في بغداد، إلى جانب ثابت بن سنان بن ثابت بن قرة الذي كان أيضاً حرانياً، وهذا يظهر استمرارية في التقليد الذي بدأ مع الحرّاني الجد. ولقد أوحي بأن هذين الحرانيين، بعودتهما إلى الأندلس قد يكونان أدخلا إليها تقنيات السحر الطلسمي التي أعطت ثمارها في إسبانيا القرن الحادي عشر مع كتاب **غايات الحكيم** *(Picatrix)* لأبي مسلمة المجريطي. وفي القرن العاشر أيضاً استخدم ابن جلجل مصادر لاتينية وعربية لكي يؤلف كتابه **طبقات الأطباء والحكماء**. ومن بين هذه المصادر، **كتاب الألوف** لأبي معشر؛ وتجلى الاهتمام لهذا النوع من التنجيم أيضاً في مقدمة كتاب *Liber Universus* لعمر بن فرخان الطبري في قرطبة حوالى القرن العاشر للميلاد(٣٣).

وفي هذا القرن أدخلت أيضاً إلى الأندلس **رسائل إخوان الصفا** والـ *Tabula Smaragdina*(٣٤)، كما كتب يحيى بن إسحق موجزاً في الطب شكل حصيلة لكل الطب الإغريقي المعروف في عصره(٣٥). وكذلك قدم ابن جلجل لائحة بستة عشر مؤلفاً لجالينوس كان يفترض بكل طالب في الطب أن يعرفها(٣٦).

وفي المنتصف الثاني من القرن التاسع أصبح بإمكان العلم الأندلسي أن يكون منتجاً. وبهذا الصدد، فإن أبرز الوجوه العلمية كان عباس بن فرناس الذي توفي عام ٨٨٧م والذي

---

(٣٢) انظر: Samsó, «The Early Development of Astrology in al-Andalus,» pp. 228 - 243.

(٣٣) انظر: David Pingree, «The *Liber Universus* of 'Umar Ibn al-Farrukhān al-Ṭabarī,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 1, no. 1 (May 1977), pp. 8 - 12.

(٣٤) انظر: S. M. Stern, «A Letter of the Byzantine Emperor to the Court of the Spanish Umayyad Caliph al-Ḥakam,» *Al - Andalus*, vol. 26 (1961), pp. 37 - 42.

(٣٥) انظر: Max Meyerhof, «Esquisse d'histoire de la pharmacologie et botanique chez les musulmans d'Espagne,» *Al-Andalus*, vol. 3 (1935), surtout p. 6.

(٣٦) انظر: أبو داود سليمان بن حسان بن جلجل، **طبقات الأطباء والحكماء**، تحقيق فؤاد سيد، مطبوعات المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة، نصوص وترجمات؛ ١٠ (القاهرة: المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية، ١٩٥٥)، ص ٤٢.

لم يشتهر فقط كشاعر ومنجم، بل انه قام بمحاولات للطيران في قصر الرصافة في قرطبة (مما يذكرنا بمحاولات مماثلة جرت في إنكلترا في القرن الحادي عشر قام بها الراهب إلمر دو مالمسبوري (Eilmer de Malmesbury). كما أدخل عباس بن فرناس تقنية جديدة لقطع البلور الصخري (الكريستال)، وبنى قبة فلكية (نوعاً من البلانيتاريوم) في إحدى غرف منزله، كما صنع كرة فلكية محلقة أهداها لعبد الرحمن الثاني، وأخيراً صنع ساعة مائية ذات حركة آلية. هذه الساعة «الميقاتة» أو «المينقانه» كانت تسمح بتحديد أوقات الصلاة الشرعية عندما لا تكون الشمس أو النجوم ظاهرة للعيان، وقد أهداها إلى الأمير محمد[٣٧].

لقد كان عباس بن فرناس وجهاً استثنائياً في إطار القرن التاسع. ولم يكن عالماً بالفعل ولكنه كان جليساً للأمراء، موهوباً، يتمتع بفضول علمي موسوعي ويعرف كيفية استخدام معارفه. أما التطور الحقيقي للعلم في الأندلس فقد جرى في القرن التالي ولا سيما في النصف الثاني منه، حيث سنجد:

١ ـ تقويماً شعبياً هو «تقويم قرطبة»، الذي يحوي أولى الشهادات المعروفة عن علم «الميقات» الأندلسي.

٢ ـ تطور «علم عقاقير» أصيل.

٣ ـ مدرسة مسلمة في مدريد، التي شكلت نقطة انطلاق علم الفلك الإسباني ـ العربي.

١ ـ تقويم قرطبة[٣٨]

قام بهذا التقويم الطبيب والمؤرخ عريب بن سعيد[٣٩] والأسقف المستعرب ربيع بن زيد (Recemund) وذلك لصالح الحكم الثاني، قبيل (أو بعد) توليه الخلافة (٩٦٠م).

---

(٣٧) انظر: Juan Vernet, «La Supervivencia de la astronomía de Ibn al-Bannā',» *Al-Qanṭara,* vol. 1 (1980), pp. 447 - 451, et «Mármol, obra de Zarquel,» dans: *Hommage à Georges Vajda* (Louvain: [s. n.], 1980), pp. 151 - 154.

(٣٨) انظر: 'Arib Ibn Sā'id al-Kātib al-Qurtubī, *Le Calendrier de Cordoue,* publié par R. Dozy, nouvelle édition accompagnée d'une traduction française annotée par Ch. Pellat, Medieval Iberian Peninsula, Texts and Studies; v. 1 (Leiden: E. J. Brill, 1961), et José Martínez Gázquez and Julio Samsó, «Una nueva traducción latina del Calendario de Córdoba (siglo XIII),» in: Vernet, éd., *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo XIII,* pp. 9 - 78.

(٣٩) حول هذه الشخصية، انظر: A. C. López, «Vida y obra del famoso polígrafo cordobés del s. X 'Arīb Ibn Sa'īd,» in: E. García Sánchez, éd., *Ciencias de la Nuturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios* (Granada: [n. pb.], 1990), vol. 1, pp. 317 - 347.

ونستطيع أن نجد في هذا المؤلف خليطاً عجيباً من التقاليد المختلفة: التقليد اليوناني والتقليد المستعرب (حيث نجد استنادات إلى أعياد القديسين المسيحيين وإلى الممارسات الزراعية الاعتيادية في إسبانيا) والتقليد العربي الجاهلي (حيث نجد التنبؤات والأرصاد الجوية المبنية على نظام «الأنواء»)؛ وأخيراً نجد التقليد اليوناني ـ الإسكندري (حيث نجد إشارات تتعلق بالحمية الغذائية ينسبها النص إلى مدرسة أبقراط وجالينوس والتي تتوافق تماماً مع كتاب **الأغذية** لأبقراط)(٤٠).

ولكننا نجد أيضاً في هذا التقويم ظهوراً لعلم الفلك الجديد الذي أتت به الثقافة العربية الإسلامية والذي يستند إلى التقليد الهندي ـ الإيراني وإلى التقليد البطلمي. فنص التقويم يقدم لنا زمن دخول الشمس في الأبراج الإثني عشر حسب كتاب **السندهند** وحسب كتاب **أصحاب المتهن**. وقد استطعنا أن نتحقق بأن الأول هو كتاب **الزيج** للخوارزمي وأن الثاني قد يكون **زيج** البتاني(٤١).

ومن ناحية أخرى، نجد في هذا التقويم سلسلة كاملة من القيم العددية، تظهر أن الأندلس في القرن العاشر قد عرفت تقليداً في «علم الميقات»(٤٢)، معروضاً للمرة الأولى في هذا التقويم. فالنص يحتوي على:

(١) ثلاثة وعشرين ارتفاعاً زوالياً للشمس، موزعة على مدار السنة، تتناسب مع خط العرض 30° ; 37 (وهو مأخوذ لقرطبة ومسجل في إحدى مخطوطات جداول طليطلة)، كما تتناسب مع انحراف قدره 50° ; 23 (وهي الرقم المدور للقيمة: 20° ,51 ;23 البطلمية).

(٢) الظلال المقابلة للارتفاعات الزوالية السابق ذكرها، المحسوبة على أساس أن طول شاخص المزولة، g، يساوي الوحدة (g = 1)، ذلك لأن ارتفاع الشاخص المستخدم يساوي قامة الرجل. ويبدو أن هذه القيم مشتقة من جدول توجد فيه g بقيمة ١٢ (g = 12). وقد تكون مشتقة من جدولين من النوع نفسه، يحتمل أن احتسابهما قد تم استناداً إلى علم الحساب، أحدهما يعطي الظل الذي يقابل دخول الشمس في الأبراج، أما الآخر فيعطي

(٤٠) انظر: Julio Samsó, «La Tradición clásica en los calendarios agrícolas hispanoárabes y norteafricanos,» paper presented at: *Segundo Congreso Internacional de Estudios sobre las Culturas del Mediterráneo Occidental* (Barcelona: [n. pb.], 1978), pp. 177 - 186.

(٤١) انظر: Juan Vernet, «La Ciencia en el Islam y Occidente,» in: Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*, pp. 21 - 60 and especially pp. 28 - 30.

(٤٢) حول التقليد الأندلسي للميقات، انظر: King, «Three Sundials from Islamic Andalusia,» pp. 358 - 392.

وحول رؤية الهلال الجديد، انظر: David A. King, *Islamic Mathematical Astronomy*, Variorum Reprint; CS 231 (London: Variorum Reprints, 1986).

الظل الذي قابل مرورها في وسط كل برج.

(٣) أربع وعشرين قيمة (قيمتان للشهر الواحد) تقابل طول النهار وطول الليل على مدار السنة. وهذه القيم قد تم احتسابها باستخدام الوسائط نفسها (جمع وسيط، بارامتر. (المترجم)) المذكورة أعلاه، استناداً إلى علم المثلثات وهي إجمالاً صحيحة.

(٤) ثمانٍ وعشرين قيمة لمدة الغسق. وسلسلة القيم هذه هي الأكثر إثارة للدهشة؛ فيبدو أنها احتسبت تبعاً لقوس انخفاض شمسي قيمته 17° وباستخدام صيغة تقريبية شبيهة بصيغة براهماغوبتا:

$$t = \frac{D}{\text{cotg}\, h + 1}$$

نجد إذن في **تقويم قرطبة** إحدى الشهادات العديدة على تأثير التقليد الفلكي الهندي ـ الإيراني في الأندلس، هذا التأثير الذي سنؤكد عليه فيما سيتبع. ومن جهة أخرى، فإن سلاسل القيم الرقمية الأربع المذكورة تستخدم وسائل بمستويات شديدة التفاوت بحيث تطرح علينا مسألة المصادر التي استقى منها مؤلفا هذا التقويم، ذلك لأن أياً من عريب بن سعيد أو ربيع بن زيد لم يكن فلكياً. وقد يكونان قد استخدما جداول ميقات لخط العرض 30° ; 37 الذي قد يكون خط عرض مدينة أخرى غير قرطبة وتقع على خط العرض نفسه[٤٣].

٢ ـ تطور علم عقاقير أصيل

قد يكون بالإمكان الكلام عن علم للعقاقير في الأندلس قبل خلافة عبد الرحمن الثالث. ولكن عهده عرف حدثاً هاماً. فلقد كان كتاب **المادة الطبية** لديوسقوريدس (Dioscoride) في متناول أطباء الأندلس، عبر ترجمته العربية التي قام بها في الشرق إسطفان بن باسيل. لكن، لم يكن بإمكان هؤلاء الأطباء التعرف إلى الأعشاب الطبية التي وردت أسماؤها في هذا الكتاب. وفي العام ٩٤٨م، تلقى الخليفة عبد الرحمن الثالث من امبراطور بيزنطية (قسطنطين السابع) مخطوطة رائعة من كتاب ديوسقوريدس، مزينة بالصور. لكن القراء لم يستطيعوا فهمها لأنها مكتوبة باليونانية، ولم يكن في قرطبة من يفقه اليونانية في ذلك الوقت. لذلك وبناء على طلب الخليفة، بعث الإمبراطور البيزنطي بالراهب نيكولا الذي ساعد فريقاً من أطباء الأندلس على إعادة النظر المنهجية بمصطلحات علم النبات المستخدمة في الترجمة العربية لكتاب ديوسقوريدس. وهكذا تم تعرف أطباء

---

(٤٣) انظر: Julio Samsó, «Sobre los materiales astronómicos en el *Calendario de Córdoba* y en su versión latina del siglo XIII,» in: Vernet, éd., *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el siglo de Alfonso X*, pp. 125 - 138.

الأندلس إلى أغلب أسماء النباتات الطبية الواردة في هذا الكتاب(٤٤).

كان لهذا الحدث نتائج هامة منها الانطلاقة التي عرفها علما العقاقير والنبات الأندلسيان، هذه الانطلاقة التي بدأت بعيد مراجعة كتاب ديوسقوريدس التي كان أول مظاهرها إنجاز كتاب ابن جلجل في علم النبات الذي سبق أن ذكرناه مرات عديدة. فلقد تعرف ابن جلجل على مساعدي الراهب نيكولا وعجل بكتابة مؤلف حول الأعشاب الطبية التي تم تحديدها ومؤلفٍ آخر حول الأدوية التي لم يأت ديوسقوريدس على ذكرها(٤٥). إضافة إلى ذلك، يقال إن وجود الراهب المذكور في قرطبة، قد يكون في أساس تكوين مدرسة من رجال العلم الأندلسي، يعرفون اليونانية، ربما كان مسلمة المدريدي من بينهم. عند هذه المرحلة تكون، إذن، قد بدأت تظهر أولى بوادر النضج الطبي الأندلسي؛ ولا بد هنا من التنويه باسم عريب بن سعيد الذي كتب في حوالى العام ٩٦٤م رسالة في علم القبالة (فن التوليد) وفي طب الأطفال، تحتوي أيضاً على أوائل الكتابات الأندلسية في التنجيم الطبي، وهو ما يشكل دليلاً على انتشار مؤلفات أرسطو البيولوجية في الأندلس. لكن أعمال أبي القاسم الزهراوي (المولود ما بعد ٩٣٦ والمتوفى حوالى عام ١٠١٣م) في هذا المجال تعتبر أهم بكثير من أعمال ابن جلجل. ومن بين هذه الأعمال، كتاب **التصريف** الذي يحتوي على أهم رسالة في علم الجراحة عرفتها القرون الوسطى على امتدادها؛ كما يحوي رسالة في علم العقاقير يستخدم فيها تقنيات مخبرية متقدمة قد يكون أخذها عن العطارين المصريين أو عن العراقيين الذين حافظوا على وسائل، وتقنيات، تقاليد ما بين النهرين. ويحوز مؤلفه في علم العقاقير على أهمية نظرية لأنه، انطلاقاً من نظرية أبقراط المتعلقة بخلط النوعيات العلاجية الأربعة (البرودة ـ السخونة ـ الرطوبة ـ النشاف) ومن نظرية جالينوس عن درجات هذه النوعيات، طرح مسألة نسب، ومقادير، الأعشاب التي تدخل في تكوين علاج مركب. لذلك فهو قد يكون مطلعاً على كتاب الكندي(٤٦) ذي العنوان اللاتيني ***De medecinarum compositarum gradibus***.

(٤٤) انظر: Juan Vernet, «Un tractat d'obstetriacia astrólogica,» in Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval,* pp. 273 - 300; Meyerhof, «Esquisse d'histoire de la pharmacologie et botanique chez les musulmans d'Espagne,» pp. 1 - 41, et César E. Dubler and E. Terès, *La «Materia Médica» de Dioscórides: Transmisión medieval y renacentista,* 5 vols. (Barcelona: [Tipografía Emporium], 1953 - 1957).

(٤٥) انظر: I. Garijo, «El tratado de Ibn Juljul sobre los medicamentos que no mencionó Dioscórides,» in: García Sánchez, éd., *Ciencias de la Naturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios,* vol. 1, pp. 57 - 70.

(٤٦) انظر: Sami Khalaf Hamarneh and Glenn Sonnedecker, *A Pharmaceutical View of Abulcasis (al-Zahrāwī) in Moorish Spain, with a Special Reference to the «Adhan»,* Janus, =

٣ ـ مدرسة مسلمة المجريطي

يحتل مسلمة في تاريخ علم الفلك المكانة التي يحتلها أبو القاسم في تاريخ الطب. وقد ولد في مدريد ودرس في قرطبة حيث توفي سنة ١٠٠٧م. وكمنجم مشهور، عرف بأنه تنبأ بسقوط الخليفة كما تنبأ ببعض تفاصيل الحياة السياسية التي سبقت ما سمي «الفتنة». ولكن مكانته العلمية المميزة تعود بشكل خاص إلى تعديله لجداول الخوارزمي وتكييفها، بحيث أصبح يشار إليها غالباً بـ زيج الخوارزمي ـ مسلمة. ولقد سبق وتحدثنا عن إدخال **السندهند** وعلى الأرجح حسب صيغته الخوارزمية، إلى الأندلس خلال خلافة عبد الرحمن الثاني. إن هذا النص المعروف في إسبانيا من خلال صيغته المنقحة الأولى الخالية من البراهين كان موضوع تعديل وتكييف من قبل مسلمة وتلميذه ابن الصفار المتوفى عام ١٠٣٤م. وإننا نعرف هذا التكييف بفضل الترجمة اللاتينية التي قام بها أدلار دو باث (Adélard de Bath)[٤٧]، وليس التقويم الدقيق لإسهامات الفلكيين الأندلسيين في **هذا الزيج**، عملية سهلة. فنص الخوارزمي الأصلي يبدو أنه مفقود. لذلك لا نستطيع سوى محاولة إعادة تركيبه باستخدام المعطيات المحفوظة في شروحات ابن المثنى[٤٨]، وفي كتاب *Liber de rationibus tabularum* لأبراهام بن عزرا[٤٩]، أو في نصوص مشابهة مثل **الكتاب في علل**

Suppléments; v. 5 (Leiden: E. J. Brill, 1963).

وفي ما يتعلق بنظرية الدرجات [نظرية درجات الكيفيات أو الأدوية] للكندي وتأثيرها في أوروبا القرون الوسطى، انظر مقدمة M. R. McVaugh في: Arnaud de Villeneuve, *Aphorismi de gradibus*, éd. M. R. McVaugh (Granada; Barcelona: [n. pb.], 1975).

(٤٧) انظر: Heinrich Suter, *Die Astronomischen Tafeln des Muhammed Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Ahmed al-Madjrīṭī und der latein,* Ubersetzung des Athelhard von Bath auf grun der vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen... hrsg und Kommentiert von H. Suter (Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1914), and Otto Neugebauer, *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī,* translated with commentary of the latin version (Copenhagen: [n. pb.], 1962).

(٤٨) انظر: Aḥmad Ibn al-Muthannā : *El commentario de Ibn al-Muṭannā' a las tablas astronómicas de al-Jwārizmī,* Estudio y edición crítica del texto latino, en la versión de Hugo Sanctallensis, por Eduardo Millás Vendrell (Madrid, Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Asociación para la Historia de la Ciencia Española, 1963), and *Ibn al-Muthannā's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwārizmī,* two hebrew versions, edited and translated, with an astronomical commentary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 2 (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1967).

(٤٩) انظر: Abraham ben Meïr Ibn Ezra, *El libro de los fundamentos de las Tablas astronómicas,* éd. crítica, con introducción y notas por José Mª. Millás Vallicrosa (Madrid: [n. pb.], 1947).

الزيجات للهاشمي[٥٠]. ولقد أثبتنا في كتاب **الزيج** هذا وجود مواد تعود إلى التقليد الهندي ـ الإيراني ومواد تعود إلى التقليد اليوناني ـ العربي وأخرى تعود إلى التقليد الإسباني. ونستطيع، كموقف مسبق، أن نعتبر أن المواد الهندية ـ الإيرانية تعود إلى الصيغة البدائية **للزيج**، أي إلى جداول الخوارزمي. لكن هذا الاستباق ليس صحيحاً دائماً، وخاصة فيما يتعلق بجداول الحركة المتوسطة؛ ذلك لأن الوسائط (الحسابية (المترجم)) الأساسية هي من أصل هندي، بينما نجد أن وضعية الجداول المنقولة تشكل تعديلاً شكلياً هاماً ينسب عادة إلى مسلمة. فالجداول البدائية تستخدم السنين الشمسية الفارسية والتاريخ الذي بدأت منه هو بداية عهد يزدجرد الثالث (١٦/ ٦/ ٦٣٢م). لكن الجداول المحفوظة تستخدم السنة القمرية الإسلامية وتبدأ من تاريخ بداية الهجرة (ظهر يوم ١٤/ ٧/ ٦٢٢م). ونشير إلى تدخل مسلمة في جداول الكسوفات[٥١]، وكذلك في جداول حساب خطوط عرض الكواكب على الرغم من أن نتائجه لم تكن براقة في الحالة الأخيرة هذه[٥٢]. ونجد أنفسنا في وضع مشابه فيما يتعلق بالجزء من **الزيج** المتأثر ببطلميوس. فلقد كان الخوارزمي، من جهة، معاصراً للخليفة المأمون، أي أنه عاش في عصر كان فيه كتاب **المجسطي** وكتاب **زيج بطلميوس** معروفين جيداً. ومن جهة أخرى، يتكون أحياناً لدينا انطباع، مدعم بشكل أو بآخر، بأن المادة الأصلية (أي جداول الخوارزمي) كانت عرضة للتعديل والتطويل من قبل مسلمة، أو من قبل أحد غيره.

ولقد تعرضت بعض جداول علم المثلثات لتعديلات مشابهة، ومنها جدول الجيب (sinus) الذي يوجد محسوباً على أساس أن نصف القطر يعادل ٦٠ جزءاً، وهذا الجدول هو حصيلة قسمة جدول الأوتار في **المجسطي** بالعدد اثنين. كل هذا يناقض شهادة ابن المثنى الذي يؤكد أن قيمة نصف القطر المستخدمة في جداول جيب الخوارزمي هي ١٥٠ جزءاً.

ونستطيع أيضاً أن نفترض مساهمة مسلمة في جميع مواد **الزيج** المتأثرة بالتقليد الاسباني، مثل التلميح إلى العصر الإسباني (عام ٣٨ ق.م.) وهو التاريخ الذي نجده في القسم من **الزيج**، المتعلق بالتسلسل التاريخي، ومثل استعمال خط الزوال العائد لقرطبة في بعض الجداول، كتلك العائدة لتحديد التقاء الشمس والقمر أو تقابلهما ـ والجداول الأخيرة هذه مشتقة من الجداول الأصلية وعدلها مسلمة. ومن بين الجداول المتأثرة بـ «التقليد الإسباني» التي ساهم فيها مسلمة نجد أيضاً جداول الحركة المتوسطة لعقدة القمر الصاعدة، هذه الجداول التي تحوي جدولاً إضافياً لخط زوال قرطبة للفترة الواقعة بين

---

(٥٠) انظر المراجع العائدة للهاشمي ضمن قائمة المراجع.

(٥١) انظر: David Pingree, «The Indian and Pseudo - Indian Passages in Greek and Latin Astronomical and Astrological Texts,» *Viator*, vol. 7 (1976), p. 165.

(٥٢) انظر: Edward Stewart Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut: American University of Beirut, ©1983), pp. 125 - 135.

عامي ٩٧٠ و١١٧٤م(٥٣). ونجد كذلك مثلاً مشابهاً في جداول إسقاط الشعاعات (أنصاف القطر (المترجم)) (projectio radii stellarum) التي تحتل تقريباً خمس ما يحتله من الزيج مجموع الجداول الرقمية. وجداول الإسقاط هذه محسوبة بالنسبة إلى خط العرض 30° ; 38 (قرطبة)، ولا تطابق جداول الخوارزمي الأصلية التي حفظها المنجم الشرقي ابن هبنتا (بغداد، حوالى ٩٥٠م). ولقد برهن هوجنديجك (Hogendijk) في بحث حديث جداً أن مسلمة قد أدخل تحسينات على الوسائل الحسابية للخوارزمي، ذلك لأن جداول الفلكي القرطبي تعطي نتائج صحيحة ولأنها أكثر سهولة في الاستعمال من جداول الخوارزمي(٥٤).

لكن إعادة بعض التعديلات لمسلمة تشكل أحياناً معضلة، بحيث لا بد من أن نفترض تدخل أيادٍ أتت بعد مسلمة. هذه مثلاً هي حالة الجداول المتعلقة برؤية الهلال التي ترتكز على نظرية هندية في الرؤية والمحتسبة بالنسبة إلى خط عرض هو 35° ; 41 الواقع بعيداً إلى شمال قرطبة. وقد يكون خط العرض هذا عائداً لسرقسطة، لذلك فقد تكون هذه الجداول قد أدخلت في القرن الحادي عشر حيث عرفت العلوم الصحيحة نهضة كبيرة في هذه المدينة(٥٥).

ولم تقتصر أعمال مسلمة المتعلقة بالجداول الفلكية على زيج الخوارزمي. ففي كتاب **طبقات الأمم** يقول صاعد الطليطلي إنه «انكب على مراقبة الكواكب وثابر على فهم كتاب **المجسطي** لبطلميوس... وانه كان مؤلفاً لموجز عن زيج البتاني يعالج معادلة الكواكب..»(٥٦).

هنا نجد إذن، ثلاثة أقوال يجب معالجة كل منها على حدة:

أ ـ بخصوص رصده للنجوم، نستطيع أن نذكر بشهادة الزرقالي الذي يؤكد أن مسلمة رصد النجم «قلب الأسد» عام ٩٧٩م وأنه أثبت أن خط طوله هو 40° ; 135. وهذه القيمة تطابق قيمة خط طول هذا النجم الموجودة في الجدول الصغير لواحد وعشرين نجماً، وهو جدول يرافق تعليقاته على كتاب **تسطيح الكرة** *(Planisphère)* لبطلميوس(٥٧). ولقد

(٥٣) انظر: Neugebauer, *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*, pp. 61, 63, 95, 108 and 110.

(٥٤) انظر: Kennedy [et al.], Ibid., pp. 372 - 384.

(٥٥) انظر: المصدر نفسه، ص ١٥١ ـ ١٥٦، و King, *Islamic Mathematical Astronomy*.

(٥٦) انظر: Ṣā'id Ibn Aḥmad al-Andalusī, *Kitāb Ṭabakāt al-Umam (Livre des catégories des nations)*, traduction avec notes et indices précédée d'une introduction par Régis Blachère (Paris: Larose, 1935), pp. 129 - 130.

(٥٧) انظر: José María Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel* (Madrid: Consejo Superior de Investegaciones Científicas, Instituto «Miguel Asín», Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada, 1943 - 1950), pp. 310 - 311, and Paul Kunitzsch, «Two Star Tables from Medieval Spain,» *Journal for the History of Astronomy*, vol. 11 (1980), pp. 192 - 201.

استخدم مسلمة تحديد خط طول هذا النجم لكي يقوم بحركة اعتدالية قيمتها 10° ; 13 بالنسبة إلى لائحة النجوم الواردة في **المجسطي**. وهذا التعديل هو الذي مكنه من تحديد خطوط الطول لما تبقى من نجوم هذه اللائحة.

ب ـ إننا لا نعرف شيئاً عن أعمال مسلمة التي انطلقت من **المجسطي** (الذي يبدو أن تلميذه ابن السمح قد كتب نسخة ملخصة عنه). لكن من البديهي أن **المجسطي** كان معروفاً جيداً في مدرسة مسلمة، فمدرسته لم تهتم فقط بـ **السندهند**. ففي كتابه عن استخدام الأسطرلاب يذكر ابن الصفار كتاب **الجغرافيا** لبطلميوس. وفي المخطوطة اللاتينية ذات الرقم ٢٢٥ والعائدة الى ريبول (Ripoll) (والمرجح أنها من القرن الحادي عشر، كما من المرجح أنها متأثرة بمدرسة مسلمة)، نجد ترتيباً للمناخات الأرضية قد يكون اعتمد وسائل **المجسطي** أو طرق **الجغرافيا**[٥٨].

ج ـ إننا لا نعرف أيضاً ما استقاه مسلمة من **زيج البتاني**، مع أن طبعة نالّينو (Nallino) لهذا الزيج تحوي ستة جداول منسوبة إلى مسلمة، وهي على الأرجح مغلوطة. غير أنه من الواضح أن مدرسة مسلمة عرفت جيداً إنجاز البتاني. ذلك لأن ابن السمح في رسالته حول بناء الصفيحة الجامعة لتقويم الكواكب يستعمل وسائط البتاني في خطوط طول أوج الكواكب. أما قيم الانحرافات وقيم شعاعات أفلاك التدوير، فتشتق إما من البتاني أو من **المجسطي**[٥٩].

ومن ناحية أخرى، قام مسلمة بتنقيح كتاب **تسطيح الكرة** لبطلميوس. وأخذاً بعين الاعتبار العلاقات التي قد تكون حصلت بين مسلمة والراهب نيكولا، وبالتالي احتمال أن يكون هذا الفلكي قد درس اليونانية، يوجد إيحاء بأن مسلمة قد يكون قام بترجمة هذا الكتاب. لكنه قد يكون قام بتنقيح إحدى الترجمات العربية الشرقية لهذا الكتاب مضيفاً إليها بعض الشروحات والتعليقات. ولم تحفظ الأيام الأصل اليوناني لكتاب بطلميوس هذا، لذلك فإن مساهمة مسلمة في تعديله هي مسألة لا يمكن حلها قبل أن ندرس مجمل المواد التي بحوزتنا بهذا الخصوص وهي:

---

(٥٨) انظر: R. Marti et M. Viladrich, «Las tablas de climas en los tratados de astrolabio del manuscrito 225 del *scriptorium* de Ripoll,» *Llull*, vol. 4 (1981), pp. 117 - 122.

ولقد أطلعنا حديثاً على مخطوطة اسطنبول كَرُالله (Carullah) (١٢٧٩) التي تحوي كتاب **الهيئة** لقاسم بن مُطرِّف (حوالى عام ٩٥٠)، حيث نجد لائحة بقيم المسافات بين الكواكب، تبدو مأخوذة من كتاب **الفرضيات** لبطلميوس.

(٥٩) انظر: Julio Samsó, «Notas sobre el ecuatorio de Ibn al-Samḥ,» in: Vernet, éd., *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el siglo de Alfonso X*, pp. 105 - 118.

(١) صيغة مسلمة لكتاب تسطيح الكرة والموجودة في ترجمة لاتينية قام بها هرمان الدلماثي (Hermann le Dalmathe) (١١٤٣م)[٦٠] وفي ترجمة عبرية؛

(٢) ترجمة عربية سابقة لمسلمة؟ محفوظة في مخطوطة[٦١]؛

(٣) تعليقات مسلمة على كتاب **تسطيح الكرة**، المترجمة والمنشورة جزئياً[٦٢].

يحتوي النص الأخير هذا على سلسلة إضافات على كتاب بطلميوس هي:

ـ ثلاث وسائل جديدة لتقسيم دائرة كسوف الأسطرلاب (ونشير إلى أن بطلميوس يعطي فقط وسيلتين لهذا التقسيم).

ـ ثلاث طرق أيضاً لتقسيم الأفق مشابهة لتلك التي قدمها لتقسيم دائرة الكسوف. ويكون بهذا قد سد نقصاً موجوداً في كتاب بطلميوس.

ـ ثلاث طرق لتحديد موضع نجوم العنكبوت الثابتة على الأسطرلاب، مستخدماً فيها إحداثيات دائرة الكسوف، وإحداثيات أفقية واستوائية.

وفي قسم ثانٍ من هذا العمل، يستخدم مسلمة أداته الوحيدة في علم المثلثات في سبيل حل المثلثات الكروية القائمة الزاوية. وأداته هذه هي مبرهنة منلاوس التي سبق له أن كتب حولها عدة ملحوظات لا زالت محفوظة حتى الآن في ترجمة لاتينية[٦٣]. وفي هذا القسم يهتم مسلمة بتحديد الصعود المستقيم لابتداء كلٍ من الإشارات البرجية الفلكية، مستخدماً في ذلك طريقة مشابهة لتلك التي سبق وعرضها لتقسيم الأفق انطلاقاً من الصعودات المستقيمة. ويهتم أيضاً بتحديد الميل الزاوي لكوكب ما، وبدرجة بلوغ الأوج لكوكب في السماء (وهنا يستعمل بعض صيغ البتاني)؛ ثم يدرس درجة فلك البروج الذي يشرق أو يغيب مع كوكبٍ ما. وأخيراً يعطي جدول «انحناءات» النجوم الثابتة بالنسبة إلى

---

(٦٠) انظر: Joseph Drecker, «Das Planisphærium des Claudius Ptolemaeus,» *Isis*, vol. 9 (1927), pp. 225 - 278.

(٦١) انظر: «Ptolemy,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990), vol. 11, pp. 186 - 206.

(٦٢) انظر: Juan Vernet and M. A. Catala, «Las obras matemáticas de Maslama de Madrid,» in: Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*, pp. 241 - 271.

(٦٣) انظر: Axel Anthon Björnbo and Heinrich Suter, *Thabits Werk über den Transversalensatz (Liber de figura sectore)* (Erlangen: M. Mencke, 1924), pp. 23 - 24, 39, 79 and 83.

خط العرض 30° ; 38 (قرطبة)، بينما نجده، في القسم الأول من هذا العمل، يعالج أحد الأمثلة حيث خط العرض هو 39°.

إن شروحات مسلمة هذه لكتاب **تسطيح الكرة**، لا تشكل بتاتاً رسالة حول صناعة الأسطرلاب، لكنها كانت من دون شك ذات تأثير في المؤلفات الأندلسية التي تعالج بناء هذه الآلة. ولقد كان لها تأثيرها، خاصة في رسالة ألفونس العاشر[٦٤] المتعلقة بهذا الموضوع، وكذلك في الرسالة المنسوبة خطأ إلى ما شاء الله[٦٥]. إننا نحكم في هذا الأمر، انطلاقاً من العمل الهام لپول كونيتش (Paul Kunitzsch)[٦٦] حيث تم البرهان على أن ما سمي **رسالة ما شاء الله** حول بناء واستخدام الأسطرلاب هو في الواقع تجميع جرى في القرن الثالث عشر لعناصر غير متجانسة إطلاقاً توجد بينها مقاطع يمكن أن تكون لها علاقة بمدرسة مسلمة. وهذه المدرسة تتمثل فيما يتعلق بالأسطرلاب بشروحات مسلمة المذكورة هنا وبرسالة لابن الصفار حول استعمال الأسطرلاب[٦٧] - نالت رواجاً وشهرة بسبب اقتضابها وطابعها العملي - وبرسالة أخرى لابن السمح أكثر إطالة من السابقة[٦٨]. وللنص الأخير هذا، من جهة أخرى، أهمية بالغة، وذلك لسببين: **أول** هذين السببين أنه يحتوي على استشهادات تعود إلى عمل غير معروف للفلكي الشرقي حبش الحاسب (حوالى

---

(٦٤) انظر: Merce Viladrich: «On the Sources of the Alphonsine Treatise Dealing with the Construction of the Plane Astrolabe,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 6 (1982), pp. 167 - 171, and Ramon Marti, «En torno a los tratados hispánicos sobre construcción de astrolabio hasta el siglo XIII,» in: Vernet, éd., *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo XIII*, pp. 79 - 99.

(٦٥) انظر: Julio Samsó: «Maslama al-Majrīṭī and the Alphonsine Book on the Construction of the Astrolabe,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 4, no. 1 (Fall 1980), pp. 3 - 8; «Notas sobre la trigonometría esférica de Ibn Mu'ād,» *Awrāq*, vol. 3 (1980), pp. 60 - 68; «Tres notas sobre astronomía hispánica en el siglo XIII,» pp. 167 - 179, and «Alfonso X y los orígenes de la astrología hispánica,» in: *Estudios sobre Historia de la Ciencia árabe*, editados por Juan Vernet (Barcelona: Instituto de Filología, Institución «Milá y Fontanals», Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1980), pp. 81 - 114.

(٦٦) انظر: Paul Kunitzsch, «On the Authenticity of the Treatise on the Composition and Use of the Astrolabe Ascribed to Messahalla,» *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 31 (1981), pp. 42 - 62.

(٦٧) انظر: José Mª. Millás Vallicrosa, «Los primeros tratados de astrolabio en España,» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos*, vol. 3 (1955), pp. 55 - 76.

(٦٨) انظر: Merce Viladrich: *El Kitāb al-'amal bi-l-asṭurlāb (Llibre de l'ús de l'astrolabi) d'Ibn al-Samḥ*, Estudi i Traducción (Barcelona: [n. pb.], 1986), and «Dos capítulos de un libro perdido de Ibn al-Samḥ,» *Al-Qanṭara*, vol. 7 (1986), pp. 5 - 11.

٨٣٥ م) حول الأسطرلاب، مما يشكل أولى الشهادات حول اطلاع الأندلسيين على أعمال هذا الكاتب. أما السبب الثاني فهو أن مرسي ڤيلادريتش (Merce Viladrich) برهن أن كتاب ابن السمح هو المصدر الذي استخدمه معاونو ألفونس العاشر ليكتبوا رسالة حول استعمال الأسطرلاب الكروي؛ فلقد اعتمدوا رسالة في الأسطرلاب المستوي معدلين فيها ومكيفين تبعاً لمتطلبات الأسطرلاب الكروي، وذلك بسبب عدم توفر نص عربي بهذا الخصوص يمكن ترجمته(٦٩).

ولقد شهد القرن العاشر مستجدات أخرى في مجال صناعة الأجهزة الفلكية. إن أقدم المزاول (الساعات الشمسية) التي حفظتها الأيام تعود إلى ذلك العصر(٧٠)، وأحد هذه الأجهزة منسوب صراحة إلى ابن الصفار (وهو إما الفلكي المذكور سابقاً وإما أخوه محمد وهو صانع أسطرلابات كما يفيد صاعد الأندلسي). لكن العيوب الهامة التي تشوب هذه المزولة تجعل من الصعب تقبل فكرة كونها من صنع هذا الفلكي الكفء وتدعو إلى الظن بأنها مبنية «على طريقة ابن الصفار» بواسطة حرفي غير دقيق. ومن جهته، كان ابن السمح كاتب أول عمل معروف حول صناعة الصفائح الجامعة لتقويم الكواكب. والجهاز الذي رسمه هذا الفلكي يتألف من ثماني لوحات (لوحة للشمس وست لوحات للقمر وللكواكب الخمسة وواحدة لأفلاك التدوير الكوكبية) توضع في أم الأسطرلاب(٧١). وتحتوي لوحات الأفلاك الحاملة للكواكب، إضافة إلى الرسم البياني الهندسي، على جداول الحركات المتوسطة في خط الطول وفي خاصة الكوكب (الخاصة هي سير الكوكب في

---

(٦٩) انظر: Merce Viladrich, «Una nueva evidencia de materiales árabes en la astronomía alfonsí,» in: *De Astronomia Alphonsi Regis* (Barcelona: [n. pb.], 1987), pp. 105 - 116.

(٧٠) انظر: King, «Three Sundials from Islamic Andalusia,» pp. 358 - 392; C. Barceló et A. Labarta, «Ocho relojes de sol hispano - musulmanes,» *Al-Qanṭara*, vol. 9 (1988), pp. 231 - 247, et, and J. Carandell: «An Analemma for the Determination of the Azimuth of the *Qibla* in the *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl* of Ibn al-Raqqām,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften*, Bd. 1 (1984), pp. 61 - 72, and «Trazado de las curvas de oración en los cuadrantes horizontales en la *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl* de Ibn al-Raqqām,» *Dynamis*, vol. 4 (1984), pp. 23-32.

(٧١) انظر: M. Comes, *Ecuatorios - and andalusíes, Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt* (Barcelona: [n. pb.], 1991), pp. 27 - 68; Emmanuel Poulle, *Les Instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée: Equatoires et horlogerie planétaire du XIIIe au XVIe siècle*, hautes études médiévales et modernes; 42, 2 vols. (Paris: Dröz - Champion, 1980), vol. 1, pp. 193 - 200, et Samsó, «Notas sobre el ecuatorio de Ibn al-Samḥ,» , pp. 105 - 118.

حيث توجد بعض الهفوات التي أشار إليها ج. ل. مانشا (J. L. Mancha) في: *De Astronomia Alphonsi Regis*, pp. 105 - 117.

فلك التدوير (المترجم))؛ وهذا ما يذكرنا بـ **زيج الصفائح** لأبي جعفر الخازن (توفي بين ٩٦١ و٩٧١)[(٧٢)]. والزيج الأخير هذا، يمكن أن يوجد على صفائح الأسطرلاب ـ الصفيحة الجامعة. لذلك فقد يكون أصل هذا النوع من الأجهزة شرقياً. ويبقى السؤال في هذا الصدد مطروحاً بانتظار اكتشاف عناصر جديدة.

ثالثاً: ذروة انطلاق العلم الأندلسي (القرن الحادي عشر للميلاد)[(٧٣)]

وصل العلم الأندلسي في القرن العاشر إلى مستواه الإنتاجي ونال بعض رجال العلم الأندلسيين شهرة حتى في الشرق. ومن هؤلاء، أبو القاسم الزهراوي ومسلمة المجريطي الذي ذكر ابن الشاطر في مقدمة كتابه **نهاية السول**، أنه من بين نقاد بطلميوس[(٧٤)]. ولكن انعكاسات النجاحات العلمية في الأندلس ازدادت كثيراً بدءاً بالقرن الحادي عشر للميلاد. فالمؤلف الذي كتبه العالم الزراعي الأندلسي ابن بصال صار معروفاً جداً في اليمن حيث استعمل العاهل رسول الملك الأفضل في القرن الرابع عشر، النسخة الكاملة من كتاب **القصد والبيان**، بدل الصيغة الموجزة التي وصلت إلينا[(٧٥)]. ونستطيع ذكر الكثير من أمثلة من هذا النوع. لكننا سنقتصر على تلك التي تظهر تأثير الأسطرلابات الشاملة، التي طورها في القرن الحادي عشر، الفلكيان علي بن خلف والزرقالي. و«صفيحة» هذا الأخير، بصيغتيها («الزرقالية» ـ وهي الجهاز الأكثر تطوراً، و«الشكازية» ـ وهي الصيغة المبسطة)، كانت معروفة جيداً في الشرق الأدنى، حيث ظهرت صيغ متطورة للصيغة

---

(٧٢) انظر: David A. King, «New Light on the *Zij al-Ṣafā'iḥ* of Abū Ja'afar al-Khāzin,» *Centaurus*, vol. 23 (1980), pp. 105 - 117.

(٧٣) هذا القسم من عرضنا هو ملخص منقح عن مقال: Juan Vernet and Julio Samsó, «Panorama de la ciencia andalusí en el siglo XI,» paper presented at: *Actas de las Jornadas de Cultura Arabe e Islámica (1978)* (Madrid: [n. pb.], 1981), pp. 135 - 163.

وانظر العمل الأكثر حداثة لـ: Lutz Richter - Bernburg, «Ṣā'id, the Toledan Tables and Andalusī Science,» in: David A. King and George Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy*, Annals of the New York Academy of Sciences; v. 500 (New York: New York Academy of Sciences, 1987), pp. 373 - 401.

(٧٤) انظر: Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences*, p. 62.

(٧٥) انظر: Robert Bertram Serjeant, «Agriculture and Horticulture: Some Cultural Interchanges of the Medieval Arabs and Europe,» in: *Oriente e Occidente nel Medioevo: Filosofia e Scienze* (Roma: Accademia dei Lincei, 1971), pp. 535 - 541.

المبسطة المذكورة، حوالى نهاية القرن الرابع عشر وبداية القرن الخامس عشر. وقد اتخذت هذه الصيغ شكل ربعيات من النوع «الشكّازي» الذي استعمل من قبل فلكيي مرصد اسطنبول في القرن السادس عشر[(٧٦)].

وقد تطور المستوى الثقافي في الأندلس بشكل هائل بعد الأزمة السياسية لسنة ١٠٣١م والتي لم تتسبب في أزمة ثقافية. فلقد انبثقت ثلاثة مراكز ثقافية جديدة في سرقسطة وطليطلة وإشبيلية. ومن ثم تنامت عملية تشريق الثقافة في الأندلس. ومثلاً على ذلك، وجد إلى جانب **تقويم قرطبة**، كتاب لعبد الله بن حسين بن عاصم الذي سمي الغربال (ت ١٠١٢م)[(٧٧)]، هو **كتاب الأنواء والأزمنة ومعرفة أعيان الكواكب** وهو كتاب يختلف تماماً عن **تقويم قرطبة**. فلقد سبق وذكرنا أن المؤلف الأخير هذا هو مزيج من عناصر ثقافية ثلاثة: عربية ومستعربة وهلينستية؛ لكن العنصر العربي في كتاب ابن عاصم يسيطر بشكل واضح، وقراءته تذكر بـ **كتاب الأنواء** لابن قتيبة أكثر من أي نص آخر في الموضوع نفسه.

ولقد شكل ذلك القرن مرحلة غدت فيها الثقافة المستعربة من مخلفات الماضي (مراجعة كتاب *Libro de las Cruzes* واستخدام العالم الزراعي ابن حجاج مصادر لاتينية في دراسته) كما أصبح طلاب الأندلس يرون أن بإمكانهم تحصيل ثقافة علمية مناسبة دون الحاجة

---

(٧٦) انظر: Julio Samsó et M. A. Catala, «Un instrumento astronómico de raigambre zarqālī: El cuadrante shakkāzī de Ibn Ṭībugā,» *Memorias de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona*, vol. 13 (1971 - 1975), pp. 5 - 31, and David A. King: «An Analog Computer for Solving Problems of Spherical Astronomy: The *Shakkāzīya* Quadrant of Jamāl al-Dīn al-Maridī-nī,» *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 24 (1974), pp. 219 - 242; *«A Survey of Medieval Islamic Shadow Schemes for Simple Timereckoning,» Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften*, Bd. 4 (1987); *Islamic Mathematical Astronomy;* «Universal Solutions in Islamic Astronomy,» in: J. L. Berggren and Bernard Raphael Goldstein, eds., *From Ancient Omens to Statistical Mechanics: Essays on the Exact Sciences Presented to Asger Aaboe* (Copenhagen: [n. pb.], 1987), pp. 121 - 132; and «Universal Solutions to Problems of Spherical Astronomy from Mamluk Egypt and Syria,» in: Farhad Kazemi and R. D. McChesney, eds., *A Way Prepared: Essays on Islamic Culture in Honor of Richard Bayly Winder* (New York: New York University Press, ©1988), pp. 153 - 184.

وحول صفيحتي الزرقالي، انظر: Roser Puig: «Concerning the *ṣafīḥa shakkāziyya,» Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften*, Bd. 2 (1985), pp. 123 - 139; *Los tratados de construcción y uso de la azafea de Azarquiel*, Cuadernos de Ciencias; 1 (Madrid: Instituto Hispano - Arabe de Cultura, 1987), and Al-Zarqālluh, *Al-Shakkāziyya - Ibn al-Naqqāsh - Al-Zarqālluh*, Edición, traducción y estudio por Roser Puig (Barcelona: [n. pb.], 1986).

(٧٧) نُشرت المخطوطة الوحيدة عام ١٩٨٥ من قبل: Institut für Geschichte der Arabisch - Islamishen Wissenschaften de l'Université J. W. Goethe - Frankfurt.

وقد يكون المؤلف الحقيقي لـ **كتاب الأنواء** يدعى محمد بن أحمد بن سليمان الطجيبي وقد يكون ابن عاصم قد كتب ملخصاً لهذا الكتاب.

للسفر إلى الشرق. ولقد شهد على تطور المدارس المحلية في ذلك العصر، صاعد الطليطلي في كتاب **طبقات الأمم** حيث يقدم من المعطيات ما يكفي لبناء «شجرة النسب» لمدرستي مسلمة وأبي القاسم الزهراوي اللتين سيكون لهما بالغ الأهمية في تطور علوم الفلك والطب والزراعة في أندلس القرن الحادي عشر.

ومن جهة أخرى، يظهر الاستقلال عن الشرق بكل وضوح من خلال إحصاءات الأسفار التي قام بها مسلمو وادي الإبرة(٧٨)؛ ففي القرن العاشر كانت نسبة المسافرين المسلمين من هذه المنطقة إلى الشرق حوالى ٢٥ بالمئة، بينما لم تبلغ هذه النسبة سوى ١١ بالمئة في القرن الحادي عشر. لكن الأسفار إلى الشرق استمرت. وفي هذا المجال يورد صاعد الطليطلي بعض المعطيات ذات الدلالة، ومنها مثلاً سفر مولاه عبد الرحمن بن عيسى محمد (المتوفى عام ١٠٨٠م) والذي عاش في القاهرة حيث التقى ابن الهيثم.

إن إحدى الميزات الرئيسة للقرن الحادي عشر الأندلسي هي تلك التي أبرزتها الدراسات الحديثة العهد، التي تتمثل في تطور علم الرياضيات. ويعود الفضل في تطور هذا العلم إلى وجوه ثلاثة: الملك يوسف المؤتمن (١٠٨١ - ١٠٨٥م) من «الطائفة» في سرقسطة والرياضي ابن سيد أستاذ الفيلسوف الكبير ابن باجه، الذي كتب أعماله في بلنسية بين عامي ١٠٨٧ و١٠٩٦م، وأخيراً الفقيه الفلكي ابن معاذ (المتوفى عام ١٠٩٣م).

لم يكن معروفاً من عمل الرياضي الأول، المؤتمن، حتى عهد قريب، سوى عنوانه، **الاستكمال** وبعض الأسانيد غير المباشرة التي تدل على محتواه(٧٩). لكن هذا الوضع تغير مع اكتشاف أربعة مقاطع من هذا الكتاب. إن هذه المقاطع تظهر(٨٠) أن **كتاب الاستكمال** ملخص ذكي لمصادر أخرى إضافة إلى بعض المساهمات الأصيلة. ومن بين هذه المصادر يجب أن نذكر:

---

(٧٨) انظر أعمال: Juan Vernet and M. Grau, in: *Boletín de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona*, vol. 23 (1950), p. 261 and vol. 27 (1957 - 1958), pp. 257 - 258.

(٧٩) انظر: J. Djebbar, «Deux mathématiciens peu connus de l'Espagne du XIe siècle: Al-Mu'taman et Ibn Sayyid,» (Paris, Université Paris - Sud, département de mathématique, 1984), (polycopié).

(٨٠) انظر: J. P. Hogendijk: «Discovery of an 11th - Century Geometrical Compilation: The *Istikmāl* of Yūsuf al-Mu'taman Ibn Hūd, King of Saragossa,» *Historia Mathematica*, vol. 13 (1986), pp. 43 - 52; «Le roi-géomètre al-Mu'taman Ibn Hūd et son livre de la perfection *(Kitāb al-Istikmāl)*,» papier présenté à: *Premier colloque international sur l'histoire des mathématiques arabes* (Alger: [s. n.], 1988), pp. 53 - 66, et «The Geometrical Parts of the *Istikmāl* of Yūsuf al-Mu'taman Ibn Hūd (11th Century): An Analytical Table of Contents,» (University of Utrecht, Department of Mathematics, Reprint no. 626, November 1990), reprinted in: *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 41 (1991).

- كتاب **الأصول** وكتاب **المعطيات** لإقليدس؛
- كتاب أرخميدس حول **الكرة والأسطوانة**؛
- كتاب **المخروطات** لأبولونيوس؛
- كتاب **الكرويات** لمنلاوس وكتاب **الكرويات** لثيودوس؛
- رسالة ثابت بن قرة حول «**الأعداد المتحابة**»؛
- تعليقات أوطوقيوس على الكتاب الثاني لأرخميدس حول **الكرة والأسطوانة**؛
- كتاب **المجسطي** لبطلميوس؛
- **كتاب المناظر** لابن الهيثم؛
- رسالة الإخوة «بني موسى» حول قياس الأشكال المسطحة والكروية.

لذلك، فإن مجموعة المعلومات والمواضيع التي يحويها الكتاب، تدل على المعارف المعمقة في الرياضيات العالية التي ملكها مؤلفه. ولقد قام ابن الميمون وتلاميذه في القاهرة بتدريس هذا الكتاب الذي كان معروفاً في بغداد حيث نشر، فيها، في القرن الرابع عشر.

أما أعمال الرياضي الثاني، ابن سيد، فلا نعرفها إلا عبر استشهادات غير مباشرة - وخاصة عبر استشهادات تلميذه ابن باجه - جمعها ع. الجبار. ولقد كتب ابن سيد رسالة في الأعداد التي تكتب على شكل متواليات حسابية. وهذا الأمر - إضافة إلى محتويات بعض أجزاء **الاستكمال** للمؤتمن - يؤكد أن الأندلس قد عرفت قبل القرن الحادي عشر، تقليداً في البحث الحسابي كان منطلقه كتاب **الحساب** لنيقوماخوس الجرشي (Nicomaque de Gérase) الذي ترجمه ثابت بن قرة. لكن العمل الأهم لابن سيد الذي نعرف عنه بعض الشيء، هو في الهندسة. وفي هذا الكتاب يتبع تقليد كتاب **المخروطات** لأبولونيوس ومن ثم يدرس وجود وصفات المنحنيات المستوية ذات الدرجة الأعلى من اثنتين، التي لا تنتمي للقطوع المخروطية. كما يهتم أيضاً، في هذا المؤلف، بمسألة تثليث الزاوية (تقسيمها إلى ثلاثة أقسام متساوية) وبمسألة إيجاد متوسطين متناسبين بين عددين معينين.

لكن، من بين الرياضيين الثلاثة الذين سبق ذكرهم، فإن ثالثهم، ابن معاذ الجياني، هو الذي نملك حوله الأكثر من المعلومات. فلقد نشر بلويج (Plooij) في العام ١٩٥٠، عمل الجياني ذا العنوان **مقالة في شرح النسبة**[٨١]. وترتدي هذه المقالة أهمية كبرى لأنها

(٨١) انظر: Edward Bernard Plooij, *Euclid's Conception of Ratio and His Definition of Proportional Magnitudes as Criticized by Arabian Commentators (Including the Text in Facsimile with Translation of the Commentary on Ratio of Abū 'Abd Allāh Muhammad Ibn Mu'ādh al-Djajjānī)* (Rotterdam: W. J. van Hengel, [1950]).

تشكل حلقة هامة في سلسلة الشروحات العربية لمفهوم الـ «ratio» الذي عرضه إقليدس في الكتاب الخامس من **الأصول**. وحسب مردوخ (Murdoch)[٨٢]، يعتبر هذا العمل شرحاً في غاية الحذاقة، يحتوي (خارج الرياضيات اليونانية) أول حالة معروفة، تدل على فهم تحديد مساواة النسب التي صاغها أودوكس (Eudoxe). ومن ناحية أخرى، وفي عمل أكثر حداثة، ترجم ونشر م. ڤ. ڤيلويندداس (M. V. Villuendas) كتاب الجياني ذا العنوان **كتاب مجهولات قسي الكرة**[٨٣] الذي يعتبر دون شك الكتاب الأقدم الذي عرفته القرون الوسطى الغربية في موضوع علم المثلثات الكروي، الذي أصبح معه هذا العلم مستقلاً عن علم الفلك (لم يتضمن هذا الكتاب إشارة إلى علم الفلك إلا في مقدمته). ونستطيع أن نقدم أمثلة عن أعمال في الشرق، معادلة لهذا العمل. من هذه الأعمال كتاب **مقاليد علم الهيئة** للبيروني[٨٤] (لكننا نجد في هذا الكتاب اهتماماً بالغاً بالتطبيقات الفلكية)؛ ومنها كتاب **تشريح الكرة** لمحمد بن الحسن الجيوبي (من القرن الحادي عشر على وجه الاحتمال)[٨٥]؛ ومنها كذلك كتاب **جامع قوانين علم الهيئة** (كاتبه مجهول وتاريخه غير محدد لكنه سابق لعام ١٢٣٤م)[٨٦]، وجميع هذه الأعمال كانت سابقة لـ **كتاب شكل القطاع** لنصير الدين الطوسي.

إن الكتاب المذكور لابن معاذ يعالج حل المثلثات الكروية. وانطلاقاً من صيغة منلاوس، يقدم سبع مبرهنات، جديدة بالنسبة إلى إسبانيا المسلمة، لكنها معروفة، جميعها، في الشرق. وأغلب هذه المبرهنات قد تكون اكتشفت في خضم «ثورة علم المثلثات» التي جرت في نهاية القرن العاشر وبداية القرن الحادي عشر. وهذه المبرهنات هي: مبرهنة الجيب (sinus) وقاعدة الكميات الأربع ومبرهنة جابر (Geber) ومبرهنة جيوب التمام (cosinus) ومبرهنة الماسة (tangentes) والمبرهنات التالية (في مثلث ABG، قائم الزاوية G):

$$\frac{\sin a}{\sin b}=\frac{\cos G}{\cos g}$$

---

(٨٢) انظر: «Euclid,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 4, pp. 414 - 459.

(٨٣) انظر: M. V. Villuendas, *La Trigonometría europea en el siglo XI: Estudio de la obra de Ibn Mu'ādh: El Kitāb maŷhūlāt* (Barcelona: [n. pb.], 1979).

(٨٤) Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, *Kitāb māqālīd 'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du Xe siècle*, édition, traduction et commentaire par Marie - Thérèse Debarnot (Damas: Institut français de Damas, 1985).

(٨٥) انظر: Marie - Thérèse Debarnot, «Introduction du triangle polaire par Abū Naṣr b. 'Irâq,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 2, no. 1 (May 1978), pp. 126 - 136.

(٨٦) انظر: A. P. Youschkevitch, *Les Mathématiques arabes (VIIIe-XVe siècles)* (Paris: Vrin, 1976), p. 175, note (81), والمراجع المذكورة.

$$\mathrm{tg}\ b \cos G = \mathrm{tg}\ a \sin B$$
$$\mathrm{tg}\ b \cos A = \mathrm{tg}\ g \sin B$$

هذه المجموعة تفتح الأبواب أمام علم مثلثات جديد مختلف تماماً عن ذلك الذي نجده في الحسابات الفلكية التي عرضها ابن معاذ نفسه، في جداوله المعروفة بـ «زيج الجياني» (Tabulae Jahen). إن بعض المعطيات الموجودة في نص كتاب **المجهولات** تدعونا للتفكير بإمكانية تأثير مباشر لرياضيين شرقيين مثل أبي نصر وأبي الوفاء وغيرهم[٨٧]. ولكننا نجد أيضاً نتائج جديدة كحل المثلث باستخدام مثلث قطبي، وذلك بطريقة مستقلة عن تلك التي استخدمها أبو نصر[٨٨]. ولقد أثيرت حديثاً مسألة تأثير ممكن لعمل ابن معاذ المذكور في كتاب *De triangulis* الذي ألفه ريجيومونتانوس (Régiomontanus)[٨٩]، على الرغم من أن طرق الانتقال غير واضحة. وكتاب **المجهولات** يحوي أيضاً جدولاً للظلال حيث الشعاع مساوٍ للواحد (r = 1)، تم الحصول عليه، حسب المؤلف، بقسمة الجيب وجيب التمام لكل زاوية. وهذا الجدول قد احتسب من درجة إلى درجة ونحصل بسهولة على القيم المقابلة لكل درجة بواسطة جداول الجيب في زيج الخوارزمي - مسلمة. غير أن ابن معاذ يعطينا في آخر هذا الجدول قيم ظلال الزوايا 89;15°, 89;30°, 89;45°, 89;59° التي حصل عليها بطريقة الاستكمال التربيعي (Interpolation quadratique) وهي المرة الأولى التي تستخدم فيها هذه الطريقة في الأندلس. وقد استخدم ابن معاذ هذا النوع من الاستكمال في احتساب الجيب لزاويتين، وذلك في كتابه **كتاب الغسق**[٩٠] *(Liber de crepusculis)*.

ولقد ترافقت النهضة الرياضية أيضاً مع نشاط كبير في البحث الفلكي. ولا بد من الإشارة، في هذا المجال، إلى محافظة كتاب **السندهند** على مكانته المهيمنة. وفي ما يتعلق بالنهضة الفلكية، يؤكد صاعد الطليطلي على إنجازات مدرسة مسلمة كما على الأعمال التي

---

(٨٧) انظر: Samso, «Notas sobre la trigonometría esférica de Ibn *Mu'ād*,» pp. 60 - 68.

(٨٨) انظر: Debarnot, «Introduction du triangle polaire par Abū Naṣr b. 'Irāq,», p. 132, note (30).

(٨٩) انظر: Hairetdinova, «On Spherical Trigonometry in the Medieval Near East and in Europe,» *Historia mathematica*, vol. 13 (1986), pp. 136 - 146.

(٩٠) انظر: Doncel, *Liber de crepusculis*,

حيث يحسب ابن معاذ ارتفاع الجو باستخدام طريقة استخدمها في ما بعد مؤيد الدين العرضي وقطب الدين الشيرازي. انظر: Bernard Raphael Goldstein, «Ibn Mu'ādh's Treatise on Twilight and the Height of the Atmosphere,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 17 (1977), pp. 97 - 118, and George Saliba, «The Height of the Atmosphere According to Mu'ayyid al-Dīn al-'Urḍī, Qutb al-Dīn al-Shīrāsī and Ibn Mu'ādh,» in: King and Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy*, pp. 445 - 465.

قام بها آخرون، هو نفسه من بينهم. إن عدداً قليلاً من هذه الأعمال قد حفظ ودرس؛ ومنها الترجمة اللاتينية للقوانين التي كتبها ابن معاذ من أجل جداوله المعروفة بـ **زيج الجياني** (Tabulae Jahen)، المرتكزة على نظام **السندهند** والمحسوبة نسبة لإحداثيات مدينة جيان (Jaén) مسقط رأس هذا الفلكي[٩١]، والتي تحوي أيضاً معطياتٍ أصيلة. ونشير إلى أن ابن معاذ، على خطى الخوارزمي، يضع الأوج الشمسي على 55° ; 77 من النقطة الربيعية، وأن هذا الوسيط سوف يستعمله الزرقالي في رسالته حول الصفيحة الجامعة[٩٢].

إن جداول طليطلة التي ابتدأ العمل فيها تحت إشراف القاضي صاعد، تبدو نتيجة عمل جماعي شارك فيه أبو اسحق بن الزرقالي (الذي سماه صاعد أيضاً «الزرقيال») وهو أهم عالم فلكي أندلسي عبر كل العصور. لكن دراسة هذه الجداول أصابت الباحثين بخيبة أمل. فقد أظهر تومر (Toomer)[٩٣] في تحليل له، أن الأصيل في هذه الجداول هو فقط تلك المتعلقة بالحركة المتوسطة، بينما يشتق الباقي إما من **زيج الخوارزمي** - مسلمة وإما من **زيج البتاني**. لكن بعضاً من الجداول المنسوبة إلى هذا الأخير قد تكون مشتقة مباشرة من بطلميوس الذي يمكن رؤية تأثيره في جداول رجوع الكواكب وفي جداول إحداثيات النجوم. وأخيراً، فإن الجداول المتعلقة باحتساب اهتزاز كرة النجوم الثابتة «الإقبال والإدبار» توجد أيضاً في كتاب *Liber de motue octave spere* المنسوب حتى عهد قريب إلى ثابت بن قرة. لكن هذه الجداول لا توجد إلا في بعض النسخ من كتاب *Liber de motu* المذكور، لذلك فقد تكون مستقلة عن هذا الكتاب، وعائدة بالتالي إلى فلكيي طليطلة.

إن هذه المعطيات السلبية تدعونا لطرح بعض الاعتبارات. فالمعروف أن الزرقالي كرس خمساً وعشرين من سني عمره في رصد الشمس، الذي بدأه أولاً في طليطلة ومن ثم في قرطبة[٩٤]. وكانت نتائج هذا العمل موجودة ضمن كتاب مفقود حول النظرية الشمسية استطاع تومر (Toomer) أن يعيد بناء بعض معطياته، في عمل دؤوب انطلاقاً من مصادر غير مباشرة[٩٥]. ويبرهن تومر خاصة، أن الزرقالي حدد في العام ١٠٧٤م وضعية الأوج

---

(٩١) انظر: H. Hermelink, «Tabulæ Jahen,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 2 (1964), pp. 108 - 112.

(٩٢) انظر: Comes, *Ecuatorios andalusíes, Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt*, p. 92.

(٩٣) انظر: G. J. Toomer, «A Survey of the Toledan Tables,» *Osiris*, vol. 15 (1968), pp. 5 - 174.

(٩٤) انظر: Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel*, p. 241.

(٩٥) انظر: G. J. Toomer: «The Solar Theory of az-Zarqāl: A History of Errors,» *Centaurus*, vol. 14, no. 1 (1969), pp. 306 - 336, and «The Solar Theory of Az-Zarqāl: An =

الشمسي (°49 ; 85) وأنه قدر حركتها الخاصة بدرجة واحدة خلال ٢٧٩ عاماً شمسياً. ومن جهة أخرى، فقد رسم هذا الفلكي أنموذجاً شمسياً ذا مراكز منحرفة متحركة (شبيهة بالفلك الحامل لعطارد في الأنموذج البطلمي) وهذا الأنموذج يحدث إقبالاً وإدباراً في وضعية الأوج كما يحدث تغييراً في الانحراف المركزي للشمس. إن الأنموذج الشمسي نفسه استعمل أيضاً فيما بعد من قبل الفلكي كوبرنيكوس الذي أهمل أيضاً (كما فعل الزرقالي) إقبال وإدبار الأوج. وهذا يدل على أن تبني هذا الأنموذج يعود بالدرجة الأولى إلى كونه يوافق تغير قيم الانحراف الشمسي عن المركز التي وضعها الفلكيون منذ أيام هيباركوس. هذا وقد قام الزرقالي بالعمل البديهي المتمثل بقياس قيمة الانحراف الشمسي عن المركز في عصره (58 ; 1 جزءاً تقريباً).

من كل ما تقدم نستنتج أنه من الصعب التسليم بكون الزرقالي قد قام فقط بنقل جدول معادلة الشمس الموجود في **زيج البتاني** إلى **جداول طليطلة**، في حين أن جداول الشمس في **قانونه**(٩٦) تعطي انحرافاً مخالفاً لانحراف البتاني وتقارب قيمة الوسيط المذكور (58 ; 1 جزءاً). إن كل هذا يتوافق مع فرضية ل. ريختر ـ بيرنبورغ (L. Richter-Bernburg) التي تقول بأن العمل في **جداول طليطلة** بدأ في نهاية حياة القاضي صاعد (١٠٢٩ ـ ١٠٧٠م)، وفي كل حال، لم يبدأ إلا بعد أن أنهى هذا المؤلف كتابه **طبقات الأمم** (١٠٦٨م)، حيث لم يأت بتاتاً على ذكر الجداول(٩٧). وقد يكون الزرقالي أدخل عناصر تعتمد على أرصاده الخاصة أو على أرصاد فريق صاعد، إلى **جداول طليطلة**، لكن أغلبية أعماله حول النظرية الشمسية يحتمل أن يكون قد قام بها بعد أن تم تجميع **الجداول**. ومن الممكن أيضاً أن يكون الزرقالي قد قام بأعمال في علم الفلك الكوكبي، ذلك لأن رسالته حول بناء الصفيحة الجامعة (التي حفظت بفضل ترجمة قشتالية ألفونسية) تعطينا أيضاً وسائط حسابية كوكبية لا تتطابق دائماً مع وسائط **جداول طليطلة**(٩٨)؛ فلئن كانت انحرافات المشتري والمريخ والقمر بطلمية، فإن انحرافات كل من زحل (23 ,51 ; 2 جزءاً أو 48 ,48 ; 2 جزءاً)، والزهرة (27 , 03 ; 1 جزءاً) وعطارد (26 ,51 ; 2 جزءاً) تبدو أصيلة(٩٩). لكن شهرة الزرقالي تعود

Epilogue,» in: King and Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy*, pp. 513 - 519, and Julio Samsó, «Azarquiel e Ibn al-Bannā,» in: *Relaciones de la Península Ibérica con el Magreb (siglos XIII - XVI)* (Madrid: [n. pb.], 1988), pp. 361 - 372.

(٩٦) كتاب **القانون** للزرقالي. (المترجم).

(٩٧) انظر: Richter - Bernburg, «Ṣā‘id, the Toledan Tables and Andalusī Science,» pp. 373 - 401.

(٩٨) أو «زيج طليطلة». (المترجم).

(٩٩) انظر: Willy Hartner, «Ptolemy, Azarquiel, Ibn al-Shātir and Copernicus on Mercury: A Study of Parameters,» *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 24 (1974), pp. 5 - 25.

إلى أعماله حول الشمس، التي يستحسن أن ننهي الحديث عنها بالإشارة إلى أن جداول برشلونة التي جمعت في عام ١٣٦٠م في عهد بطرس الرابع الأراغوني (Pierre IV d'Aragon)، تحوي جدولاً لمعادلة الشمس يبدو أنه مشتق من معادلة الزرقالي، وقد تكون احتسبت باستخدام الطريقة القديمة جداً المتعارف عليها بطريقة «الحل بالميول الزاوية»[(١٠٠)].

ولا بد أيضاً من أن نسجل أهمية رسالته حول حركة النجوم الثابتة المحفوظة في نسخة عبرية ترجمها ميلاس (Millás) إلى الاسبانية، ودرسها غولدشتاين (Goldstein)[(١٠١)]. في هذا العمل، يقدم لنا الزرقالي، بعد إجرائه تجارب عدة، أنموذجاً لاضطراب متفرع من كتاب *Liber de motu* ـ ولكن بوسيطات جديدة ـ بحيث يضيف إليه، وبشكل مصطنع، أنموذجاً ثانياً مستقلاً عن الأول، وذلك لكي يحسب ميل دائرة الكسوف بحيث يجعلها تتأرجح بين 53° ; 23 (في بدء التأريخ المسيحي تقريباً) و33° ; 23 للسنة ٩٥٤ ـ ٩٥٥م). إن دراسة هذه القيم للميل والموجودة ضمناً في جداول الكتاب *Liber de motu*، تعطينا نتائج مقبولة لزمن بطلميوس ولعصر الخليفة المأمون؛ لكن الدالة تأخذ قيماً متعاظمة بسرعة بعد سنة ٨٨٧م. ونتيجة لذلك فهي تعطي قيماً غير مقبولة لزمن الزرقالي. ولتصويب هذه الظاهرة الشاذة عمد الزرقالي إلى اختبار أنموذج هندسي واعتماد جداول تتوافق مع ميول بطلميوس وفلكيي الخليفة المأمون، لكي تعطي لعصره قيماً معقولة (49° ,33 ; 23) حتى آخر سنة ١٠٧٤م).

وقبل أن نختم مع الزرقالي، يجب التنويه بزيجه[(١٠٢)] أيضاً، الذي استطاع بواسطته تحديد خط طول الشمس والكواكب، وعملياً من دون حساب، حيث استعمل السنوات ـ

= ويجب أن نشير إلى أن مدار عطارد في محلقة (Equatoire) ـ الآلة المسماة الكرة الفلكية المحلقة ـ الزرقالي لم يعد دائرة بل شكلاً بيضاوياً (أو شكل نواة الصنوبر). انظر: Willy Hartner, *Oriens, Occidens,* Collectanea; 3 (Hildesheim: G. Olms, 1968).

انظر أيضاً: Comes, *Ecuatorios - andalusíes, Ibn al-Samḥ, al-Zarqâlluh y Abū-l-Ṣalt*, pp. 114 ss.

(١٠٠) انظر: Julio Samsó, «Sobre el modelo de Azarquiel para determinar la oblicuidad de la eclíptica,» in: *Homenaje al Prof. Darío Cabanelas O.F.M. con motivo de su LXX aniversario* (Granada: [n. pb.], 1987), vol. 2, pp. 367 - 377.

(١٠١) انظر: المصدر نفسه، ص ٣٦٧ ـ ٣٧٧، و: Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel,* pp. 243 - 245; Bernard Raphael Goldstein, «On the Theory of Trepidation According to Thābit b. Qurra and al-Zarqāllu and Its Implications for Homocentric Planetary Theory,» *Centaurus,* vol. 10 (1964), pp. 232 - 247.

(١٠٢) انظر: Millás Vallicrosa, *Estudios sobre Azarquiel,* pp. 72 - 237, and Marion Boutelle, «The Almanac of Azarquiel,» *Centaurus,* vol. 12, no. 1 (1967), pp. 12 - 20.

وانظر التقرير المهم لـ: Noël M. Swerdlow, in: *Mathematical Reviews,* vol. 41, no. 5149 (1971), p.4.

الحدود البابلية. وهكذا فنحن هنا أمام أول مؤلف من هذا النوع في العصر الوسيط، وقد ترك أثره العميق في الغرب المسلم والمسيحي على حد سواء. وباستثناء الجداول الشمسية التي قد تكون من نتائج أرصاد الزرقالي نفسه، فإن ما تبقى من هذا العمل ليس إلا تطويراً وتكييفاً لتقويم يوناني نستطيع حصر تاريخه بين العامين ٢٥٠ و٣٥٠م (واسم مؤلفه المفترض، أوماتييوس (Awmatiyûs)، منوه عنه في النص). وقد يكون لهذا التقويم ترجمة عربية في القرن العاشر، قبل عمل الزرقالي. ولا بد من التنويه بأن النماذج الهندسية، وكذلك الوسائط الحسابية، التي يمكن استنتاجها من الجداول الكوكبية، تبدو ذات أصل بطلمي.

ولقد عرفت أندلس القرن الحادي عشر ازدهاراً في ميدان علمي ثالث هو ميدان الكيمياء والتقنيات. وفيما يتعلق بالكيمياء يجب التنويه بأهمية أبي مسلمة المجريطي الذي يحوي كتابه **رتبة الحكيم**، وصفاً لتجارب قام بها وتؤدي إلى نوع من الإحساس الحدسي «بمبدأ حفظ المادة»[(١٠٣)]. ومن جهة أخرى، فإن وجود تقليد أندلسي في ميدان علم الميكانيكا، أصبح أمراً معروفاً منذ حوالى عشر سنوات، وذلك بفضل اكتشاف **كتاب الأسرار في نتائج الأفكار** لأحمد، أو محمد بن خلف المرادي. وهذا الكتاب موجود في مخطوطة وحيدة؛ وتحوي هذه المخطوطة أيضاً ملحوظة بخط إسحق بن سيد، الفلكي الأول لألفونس العاشر[(١٠٤)]. غير أننا نعرف بشكل أفضل تطور التقليد الزراعي، الذي رسمت معالم تاريخه لوسي بولنز (Lucie Bolens)[(١٠٥)]. فلقد ظهرت مدرسة للعلوم الزراعية، أولاً في طليطلة في ظل حماية المأمون، وفيما بعد في إشبيلية في ظل حكم بني عباد، ضمت وجوهاً علمية في تسلسل زمني غير معروف بدقة، لكن يبدو أن مجمل نشاطات هذه الوجوه جرى على امتداد حوالى نصف قرن (١٠٦٠ ـ ١١١٥م)[(١٠٦)]. والنصوص المحفوظة في هذا المجال هي بأغلبيتها غير كاملة، وهي عبارة عن بعض

---

(١٠٣) انظر: E. J. Holmyard, «Maslama al-Majrīṭī and the Rutbatu'l - Ḥakīm,» *Isis*, vol. 6, no. 18 (1924), pp. 293-305.

(١٠٤) انظر ملخص المسألة وكذلك المرجع المذكور في: Juan Vernet, «Alfonso X y la technología árabe,» in: *De Astronomia Alphonsi Regis*, pp. 39 - 41.

(١٠٥) انظر: Lucie Bolens, *Agronomes andalous du moyen âge*, études et documents / publiés par le département d'histoire générale de la faculté des lettres de l'Université de Genève; 13 (Genève: Droz, 1981).

انظر المراجع المذكورة في هذا المؤلف وكذلك في: Vernet and Samsó, «Panorama de la ciencia andalusí en el siglo XI».

وفي ما يلي لن نقدم سوى ما استجد من مراجع.

(١٠٦) انظر: Attié, «L'Ordre chronologique probable des sources directes d'Ibn al-'Awwām,» pp. 299 - 332.

الموجزات أو المختارات كتبها مؤلفون من شمال افريقيا[١٠٧]. وفي هذا المجال يجب أن نذكر الطبيب ابن وافد (٩٩٩ ـ ١٠٧٤م)[١٠٨] وابن بصال (وكلاهما من طليطلة) وأبا خير[١٠٩] وابن حجاج[١١٠] (وكلاهما من إشبيلية) والطغناري[١١١] (الذي، بعد أن درس في إشبيلية تنقل بين عدة مدن في الأندلس وشمال أفريقيا). نضيف إلى هذه اللائحة اسم ابن العوام الذي عاش فيما بعد (لا بد أن كتابه يعود إلى نهاية القرن الثاني عشر) والذي لخص كل مساهمات المدرسة الأندلسية في هذا المجال[١١٢].

تلقى علم الزراعة الأندلسي خليطاً من عدة تقاليد زراعية قديمة. فمن جهة أولى نجد التقليدين البابلي والمصري عبر كتاب **الفلاحة النبطية** لابن وحشية[١١٣]. ومن جهة ثانية نجد التقاليد القرطاجية والرومانية والهلينستية التي مارست تأثيرها خاصة عبر الترجمة العربية لمجلدات *Geo-ponika* البيزنطية. إن المصادر الأندلسية تذكر عدداً هائلاً من المؤلفين المنتمين إلى مختلف هذه التقاليد، لكن هذا الذكر كان يتم بطريقة غير مباشرة في أغلب الأحيان. كما تذكر المصادر الأندلسية أيضاً مصادر أخرى مثل **الفلاحة الرومية** و**الفلاحة الهندية**. والكتاب الأول (على الأقل) المنسوب إلى مؤلف يدعى قسطس، يبدو أنه مزور وأنه من

---

(١٠٧) في ما يخص المصادر المخطوطة والمؤلفين المفترضين، انظر: E. Gárcía Sánchez, «Problemática en torno a la autoría de algunas obras agrónomicas andalusíes,» in: *Homenaje al Prof. Darío Cabanelas O.F.M. con motivo de su LXX aniversario,* vol. 2, pp. 333 - 341.

(١٠٨) إن نسبة أحد المؤلفات الزراعية إلى هذا الكاتب كانت موضع نقاش، حيث نُسب هذا المؤلف إلى أبي القاسم بن عباس النهراوي الذي قد يكون الطبيب والجراح المشهور من القرن العاشر، أبا القاسم خلف بن عباس الزهراوي.

(١٠٩) انظر: J. M. Carabeza, «Un agrónomo del siglo XI: Abū-l-Jayr,» in: García Sanchez, éd., *Ciencias de la Naturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios,* vol. 1, pp. 223 - 240.

(١١٠) انظر: Attié, «Ibn Haǧǧāǧ était-il polyglotte?» pp. 243 - 261; et J. M. Carabeza, «Aḥmad b. Muḥammad b. Ḥaŷŷāŷ al-Ishbīlī: Introduccion, estudio y traduccion, con glosario,» (Unpublished Ph. D. Thesis, University of Granada, 1988).

(١١١) انظر: García Sánchez: «El tratado agrícola del granadino al-Ṭignarī,» *Quaderni di Studi Arabi,* vols. 5 - 6 (1987 - 1988), pp. 278 - 291; «Al-Ṭignarī y su lugar de origen,» *Al-Qanṭara,* vol. 9 (1988), pp. 1 - 11, and «Agricultura y legislación islámica: El prólogo del *Kitāb Zuhrat al-Bustān* de al Ṭignarī,» in: García Sánchez, éd., *Ciencias de la Nuturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios,* vol. 1, pp. 179 - 193.

(١١٢) انظر: J. A. Bianqueri, *Libro de Agricultura* (Madrid: [n. pb.], 1802), réimprimé avec une étude de E. García Sánchez et J. E. Hernandez Bermejo (Madrid: [n. pb.], 1988).

(١١٣) انظر: M. El-Faiz, «Contribution du *Livre de l'Agriculture Nabatéenne* à la formation de l'agronomie andalouse médiévale,» in: García Sánchez, éd., *Ciencias de la Naturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios,* vol. 1, pp. 163 - 177.

صناعة علي بن محمد بن سعد(١١٤)، في حوالى النصف الثاني من القرن العاشر. ومن ناحية أخرى، وكما أشرنا في الفقرة الأولى من هذا العرض، فإن المؤرخين منذ نهاية القرن الثامن عشر ركزوا على التأثير المباشر للتقليد الزراعي اللاتيني.

يبدو، إذن، أن علم الزراعة الأندلسي استند إلى أدبيات هامة في علوم الزراعة كانت في متناول الكتاب في القرن الحادي عشر. لكنه، إضافة إلى ذلك، لم ينفصل قط عن التجربة أو عن تقليد حدائق علم النبات الذي بدأ في القرن الثامن في قرطبة واستمر حتى القرن الحادي عشر في طليطلة وإشبيلية. كما تجدر الإشارة إلى مظهر ثالث من مظاهر علم الزراعة، وهو الجهد النظري الذي بذله علماء الزراعة الأندلسيون لكي يجعلوا من هذا الميدان علماً بكل معنى الكلمة. ولتحقيق هذه الغاية، ارتكزوا على علمين آخرين أكثر تطوراً هما: علم النبات وصناعة العقاقير من جهة، وعلم الطب من جهة أخرى. وأول هذين الميدانين العلميين وصل إلى أوجه في الأندلس مع كتاب **عمدة الطبيب في معرفة النبات لكل لبيب**، الذي لا يعرف اسم مؤلفه، والذي كتب في القرن الحادي عشر أو في الثاني عشر(١١٥). ونجد في هذا الكتاب محاولة رائعة لتصنيف منهجي للنباتات وذلك بتقسيمها إلى «أجناس» و«أنواع» و«أصناف». وهذا التصنيف يعتبر أرقى بكثير من أنظمة التصنيف الشائعة بين علماء النبات منذ أرسطو وتيوفراست. وحتى وإن لم نجد تأثيراً صريحاً لهذا الكاتب النباتي المجهول الاسم على علماء الزراعة الأندلسيين، يجب أن نشير إلى أن هؤلاء اهتموا بشكل واضح بمسألة تصنيف النباتات. فنجد مثلاً، أن ابن بصال يشير إلى أن التطعيم لا يتم إلا بين نباتات من طبيعة واحدة ويقدم، على هذا الأساس، بياناً تصنيفياً للنباتات حسب عائلاتها؛ كما نجد جهوداً مشابهة في أعمال ابن العوام.

ويبدو الطب، كما علم النبات، متصلاً بعلم الزراعة منذ نشأة هذا الميدان العلمي في الأندلس. فلقد نسب إلى أبي القاسم الزهراوي كتاب في الزراعة. وإن كون هذه النسبة موضعاً للنقاش حالياً، لا ينفي واقع أن ابن الوافد والطغناري كانا طبيبين. لذلك فليس من المستغرب أن يكون علماء الزراعة الأندلسيون قد بنوا نظرية تبدو على ارتباط وثيق بنظرية الأخلاط لأبقراط وجالينوس. فالأخلاط الأربعة للجسم الإنساني (الصفراء، والسوداء، والبلغم، والدم) قد استبدلت بعناصر أمباذوكليس الأربعة (التراب، والماء، والهواء، والنار) وحل السماد مكان النار. ولكل من هذه العناصر الأربعة ميزتان تعودان إلى تقليد كلاسيكي (التراب بارد وجاف؛ الماء رطب وبارد؛ والهواء حار ورطب)، باستثناء السماد (حار ورطب، خلافاً للنار الحارة والناشفة). وتقول نظرية الأخلاط أن

---

(١١٤) انظر: Bachir Attié, «L'Origine d'*al-Falāḥa ar-Rūmīya* et du Pseudo - Qusṭūs,» *Hespéris - Tamuda,* vol. 13, fascicule unique (1972), pp. 139 - 181.

(١١٥) انظر: Miguel Asín Palacios, «Avempace Botánico,» *Al-Andalus,* vol. 5 (1940), pp. 255 - 299.

الجسم الإنساني يكون سليماً عندما يكون هناك توازن بين الأخلاط الأربعة، وبأن المرض يظهر عندما يختل توازن أحدها بالنسبة الى الأخرى. ولقد طبق المبدأ نفسه في الزراعة، التي تستخدم أيضاً نظام تكاملية عناصر العلاج مع جسم المريض.

ويصف علماء الزراعة الأندلسيون وبطريقة دقيقة للغاية أخلاطاً مكيفة حسب المسألة المطروحة ومبررة نظرياً بناءً على خصائص التربة. فالتربة، الباردة والناشفة بطبيعتها، لا يمكنها أن تثمر إلا بتلقي الحرارة (من الشمس والهواء وكذلك من السماد) والرطوبة (من الماء). ويقوم أولئك العلماء الزراعيون بتصنيف مفصل للتراب ويبذلون مجهودات جدية لاستصلاح أراضٍ كانت تعتبر حتى ذلك الوقت غير صالحة للزراعة، معتمدين فقط على النشاط البشري. إضافة إلى ذلك، فقد تصدوا للتقليد الكلاسيكي الذي يهمل التربة السوداء مشيرين إلى أهمية هذه التربة الغنية بالمواد العضوية. إننا نجد أيضاً تصنيفات واقعية لمختلف أنواع المياه كما نجد وصفاً للتقنيات الضرورية من أجل حبسها واستخدامها(١١٦): الأقنية(١١٧)، الآبار، والنواعير(١١٨). وتلح النصوص أيضاً على أهمية الحراثة التي توصل الهواء والحرارة إلى الجذور وعلى تقنيات الاعتناء بالتربة (إراحة الأرض، تناوب المزروعات ـ عدم تكرار زراعة الصنف نفسه في الأرض نفسها). وهنا يلعب السماد دوراً أساسياً، ونقع مرة أخرى على محاولات لتصنيف مختلف أنواع السماد، وعلى صيغ مفصلة تعطي أخلاطاً ملائمة لحاجات التربة وللمزروعات المقصودة. وعلى العموم فقد بلغت الزراعة الأندلسية، حسب لوسي بولنز مستوىً تقنياً رفيعاً لم يتجاوزه الأوروبيون إلا في القرن التاسع عشر مع تطور علم الكيمياء. وفي هذا المجال يستحسن التذكير بأن مؤلف ابن العوام في علم الزراعة قد ترجم إلى الاسبانية، ومن ثم إلى الفرنسية عند منتصف القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر. ونشير الى أن هاتين الترجمتين قد أنجزتا لا بدافع علمي بحت إنما لأغراض تطبيقية. ولا بد من الإشارة إلى أهمية التقنيات الموجودة في هذا الكتاب بالنسبة إلى تطور الزراعة في إسبانيا والجزائر.

---

(١١٦) انظر: Thomas F. Glick, *Irrigation and Society in Medieval Valencia* (Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1970).

(١١٧) انظر: Jaime Oliver Asín, *Historia del nombre «Madrid»* (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Miguel Asín, 1959), and Henri Goblot, *Les Qanats: Une technique d'acquisition de l'eau,* industrie et artisanat; 9 (Paris; New York: Mouton, 1979).

(١١٨) انظر: Leopoldo Torres Balbás, «Las norias fluviales en España,» *Al-Andalus,* vol. 5 (1940), pp. 195 - 208, and J. Caro Baroja, «Norias, azudas, aceñas,» *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares,* vol. 10 (1954), pp. 29 - 160.

رابعاً: القرن الفلسفي

لقد كان القرن الحادي عشر الميلادي، من دون شك، القرن الذهبي للعلم الأندلسي، لكن القرن الذي تلاه شهد بداية انحطاط بطيء. ومحاولات التوحيد السياسي التي جرت في ظل عهد المرابطين (١٠٩١ ـ ١١٤٤م) ومن ثم في ظل عهد الموحدين (١١٤٧ ـ ١٢٣٢م)، لم تتسبب دائماً بحماية النشاطات الثقافية ورعايتها، ولا يغير في هذا الواقع كون أشهر الفلاسفة (ابن باجه، ابن طفيل، ابن رشد) أطباء عند الخلفاء الموحدين، قاموا بأبحاث في ظل حمايتهم. وخلال هذه المرحلة الطويلة تنامى تأثير الفقهاء في ظل الموحدين، مما لم يساعد على تسهيل البحث في علم الفلك، ومما خلق من جهة أخرى مناخاً غير مشجع لعدد من العلماء العاملين في مجالات العلوم الدقيقة، ومنهم موسى بن ميمون (Maïmonide) الذي عاش في مصر منذ العام ١١٦٦م وحتى وفاته في العام ١٢٠٤م. ومنهم أيضاً أبو السلط أمية الداني (بين ١٠٦٧ و١١٣٤م) الذي جعلته إقامته التعيسة في مصر (١٠٩٥ ـ ١١١٢م) يكتب تعليقات فيها الكثير من الاحتقار لمعارف الفلكيين والأطباء المصريين[١١٩]. كما يبدو أن وصول المرابطين إلى السلطة كان سبباً في ذهاب الرحالة الذي لا يعرف الكلل أبي حامد الغرناطي (١٠٨٠ ـ ١١٦٩م) إلى الشرق. نشير إلى أن رسالة أبي حامد في علم الأرض (Cosmographique) وهي **المعرب عن بعض عجائب المغرب** كان الأحرى بها أن تحمل في عنوانها كلمة «المشرق» بدل كلمة «المغرب». فهذا النص يحوي كمية كبيرة من عناصر علم الميقات، التي للأسف لا تعود إلى الأندلس إنما إلى طبرستان[١٢٠].

وتبدو تطورات بعض الفروع العلمية في هذا العصر متواصلة مع اتجاهات القرن السابق. فمنذ القرن العاشر مشى علم النبات وعلم العقاقير الأندلسيان على خطى ديوسقوريدس مع وجود بعض المستجدات أحياناً. فقد كتب الطبيب ابن بكلاريش وهو كاتب من أوائل القرن، رسالة في علم العقاقير هي **المستعيني** ضمنها فصلاً في علم الطب على شكل جداول شاملة، على طريقة ابن بطلان وابن جزلة. وهو من جهة أخرى، قد حذا حذو أبي القاسم الزهراوي، فاهتم بمسألة، عولجت فيما بعد من قبل ابن رشد تتفرع من مسألة للكندي. وهذه المسألة هي احتساب «درجة» علاج مركب من عدة عناصر

---

(١١٩) انظر: A.L. de Prémare, «Un andalou en Egypte à la fin du XV^e siècle: Abū-l-Ṣalt de Dénia et son épître égyptienne,» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire,* vol. 8 (1964 - 1966), pp. 179 - 208.

(١٢٠) انظر: «Abu Hāmid,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 1, pp. 29 - 30.

ولقد كان «المُعرب» موضوع أطروحة دكتوراه لم تنشر بعد قدمها إ. بِجارانو (I. Bejarano) في برشلونة عام ١٩٨٧، تحوي تحقيق النص وترجمته إلى الاسبانية.

بسيطة لها خصائص و«درجات» مختلفة(١٢١).

إلا أن علم العقاقير الأندلسي اهتم غالباً بالمسائل التي سبق وطرحت في القرنين السابقين. فابن باجه، وهو مؤلف **اللائحة الإضافية** *(Addenda)* المكملة لأعمال ابن وافد في علم العقاقير، التي يبدو أنها مفقودة، قد كتب حول مسألة تصنيف النبات(١٢٢). كما أن ابن ميمون، في كتابه، **شرح أسماء العقار**، عاد وطرح مجدداً مسألة المصطلحات النباتية(١٢٣)، وهذه المسألة كانت نقطة انطلاق الأبحاث التي جرت في قرطبة حول الترجمة العربية لكتاب ديوسقوريدس كما كانت منطلقاً لأبحاث ابن جلجل. وقد مهد كتاب آخرون مثل الغافقي(١٢٤) وأبي العباس النبطي (حوالى ١١٦٦ ـ ١٢٤٠م)(١٢٥) الطريق للإنجاز التركيبي الكبير الذي أنهاه في القرن التالي ابن البيطار. فقد كتب هؤلاء المؤلفون رسائل ذات صفات موسوعية في علم العقاقير ابتغوا من خلالها جمع معارف ديوسقوريدس وابن جلجل إلى معارف التقاليد اللاحقة، مضيفين إليها مساهماتهم الشخصية التي تتعلق، طبعاً، بالنباتات الموجودة في شبه الجزيرة الإيبيرية. إضافة إلى ما سبق نشير إلى أن هذا القرن شهد ظهور كتاب ابن العوام العظيم، ذي الصفة التركيبية، في مجال العلوم الزراعية الأندلسية.

لم تكن روح الرصد العلمي، إذن، غائبة تماماً في هذا العلم الأندلسي في القرن الثاني

(١٢١) حول هذا الكاتب، انظر: H. P. J. Renaud, «Notes critiques d'histoire des sciences chez les musulmans. I. Les Ibn Bāṣo,» *Hespéris*, vol. 24, 1er - 2e trimestres (1937), pp. 1 - 12.

انظر أيضاً الأعمال الأكثر حداثة لـ: M. Levey, in: *Studia Islamica*, vol. 6 (1969), pp. 98 - 104, and *Journal for the History of Medicine*, vol. 26 (1971), pp. 413 - 421.

ولقد نشر م. ليفي (M. Levey) وس. س. سوريال (S. S. Souryal) ترجمة انكليزية لمقدمة المستعيني تحوي جميع الأقسام النظرية لهذا العمل. وهذه الترجمة منشورة في: *Janus*, vol. 55 (1968), pp. 134-166.

وقد نشر أ. لابارتا (A. Labarta) ترجمة مفسرة لهذه المقدمة في: *Estudios sobre Historia de la Ciencia árabe*, pp. 181 - 316.

وحول مصادر ابن بكلاريش، انظر: A. Labarta, in: *Actas del IV Coloquio Hispano-Tunecino* (Madrid: [n. pb.], 1983), pp. 163 - 164.

(١٢٢) انظر: Asín Palacios, «Avempace Botánico,» pp. 255 - 299.

(١٢٣) انظر: Max Meyerhof, «Un glossaire de matière médicale de Maïmonide,» dans: *Mémoires présentés à l'Institut d'Egypte* (Le Caire: [s. n.], 1940), vol. 41.

(١٢٤) انظر: Max Meyerhof and G. P. Sobhy, eds. and trs., *The Abridged Version of «The Book of Simple Drugs» of Aḥmad Ibn Muḥammad al-Ghāfiqī by Gregorius Abū'l - Farag (Barhebraus)* (Cairo: [n. pb.], 1932 - 1940).

(١٢٥) انظر: A. Dietrich, «Quelques observations sur la matière médicale de Dioscoride parmi les arabes,» in: *Oriente e Occidente nel Medioevo: Filosofia e Scienze* (Roma: Accademia dei Lincei, 1971), pp. 375 - 390.

عشر، وذلك حتى عند المفكرين التأمليين كابن رشد (١١٢٦ ـ ١١٩٨م)، الذي أشير مرات عديدة إلى اهتمامه بمراقبة الطبيعة[١٢٦]، وإلى بعض الأصالة في تقديم عناصر علم التشريح في كتابه **كتاب الكليات** *(Colliget)* حيث لا يتردد في تصحيح ما لزم من مصادره أو في استخدام بعض الأدلة المبنية على الملاحظة (بـ «الحس»)[١٢٧]. وفي الواقع، يبدو أن ابن رشد كان مهتماً بالملاحظات الفلكية البسيطة كتلك التي أجراها على النجم سهيل في مراكش عام ١١٥٣م، وهو نجم لا يرى من شبه الجزيرة الإيبيرية؛ نشير هنا إلى أنه استخدم حجة شبيهة بحجة أرسطو المشهورة، مستنتجاً منها كروية الأرض[١٢٨].

وقد ارتدت أرصاد الكلف الشمسي المنسوبة الى ابن رشد وابن باجه المزيد من الأهمية. وقد علل هذان المؤلفان الأكلاف الشمسية بمرور عطارد والزهرة أمام الشمس[١٢٩]. إن هذا التعليل يؤدي من قبل هذين العالمين إلى نقد مواقف بطلميوس وجابر بن أفلح حول ترتيب الكرات الكوكبية، وهي قضية كانت موضوع نقاش طويل في أندلس القرن الثاني عشر. وبالفعل، فقد كان تعليل بطلميوس لعدم مرور هذين الكوكبين أمام الشمس يرتكز على كونهما سفليين لا يمكن أن يمرا بين الخط الذي يجمع ما بين الشمس وأعيننا[١٣٠]. ولقد

---

(١٢٦) انظر: M. A. Alonso, «Averroes observador de la naturaleza,» *Al-Andalus*, vol. 5 (1940), pp. 215 - 230, and M. Cruz Hernandez: «El pensamiento de Averroes y la possibilidad del nacimiento de la ciencia moderna,» paper presented at: *Actas del XII Congresso Internazionale de Filosofia XI* (Florence: [n. pb.], 1960), pp. 76 - 77, and *Abū-l-Walīd Ibn Rushd: Vida, obra, pensamiento, influencia* (Córdoba: [n. pb.], 1986).

(١٢٧) انظر: F. X. Rodríguez Molero, «Originalidad y estilo de la Anatomía de Averroes,» *Al-Andalus*, vol. 15 (1950), pp. 47 - 63,

الذي درست أطروحاته من قبل: Esteban Torre, *Averroes y la ciencia médica: La Doctrina anatomofuncional del Colliget*, Ciencia y técnica; 21 (Madrid: Ediciones del Centro, 1974).

انظر أيضاً: Ibn Rushd, *Kitāb al-Kulliyyāt*, édition critique par J. M. Forneas et C. Alvares Morales (Madrid: [s. n.], 1987).

(١٢٨) انظر: Léon Gauthier, *Ibn Rochd (Averroès)*, les grands philosophes (Paris: Presses universitaires de France, 1948), p. 5.

(١٢٩) انظر: G. Sarton, «Early Observations of the Sun-Spots?» *Isis*, vol. 37 (1947), pp. 69 - 71; Aydin Mehmed Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*, Publications of the Turkish Historical Society; ser. 7, no. 38 (Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1960), pp. 184 - 185, and Bernard Raphael Goldstein, «Some Medieval Reports of Venus and Mercury Transits,» in: Bernard Raphael Goldstein, *Theory and Observation in Ancient and Medieval Astronomy*, Variorum Reprint, CS 215 (London: Variorum Reprints, 1985), XV.

(١٣٠) Claudius Ptolemaues, *Almagest*, IX, 1.

كان تعليل بطلميوس هذا موضع نقاش جدي، بحق، من قبل جابر ومن قبل البطروجي(١٣١). ولكن جابر اقترح ترتيباً مغايراً للكواكب حيث اعتبر أن كلاً من عطارد والزهرة فوق الشمس. وإضافة إلى غياب مرورهما أمام الشمس كانت حجته الأساسية أن هذين الكوكبين لا يقعان على زاوية اختلاف مرئية عندما يكونان أقرب إلى الأرض من الشمس(١٣٢). أما البطروجي فيقدم الترتيب التالي: القمر ـ عطارد ـ الشمس ـ الزهرة. . . الخ، ويرفض حجة المرور المذكورة لأنه يعتقد أن لعطارد كما للزهرة ضوءهما الخاص بهما، فلا يمكن بالتالي أن نلاحظ مرورهما أمام الشمس. انقسم فلكيو الأندلس في القرن الثاني عشر الميلادي بين مؤيد ومعارض لنظرية بطلميوس الفلكية. فالمؤيدون، كأبي السلط الداني (نسبة إلى مدينة دانية (Denia)) (حوالى ١٠٦٧ ـ ١١٣٤م) وابن الكمّاد (في أوائل ذلك القرن) وابن الهائم (حوالى ١٢٠٥م) تبعوا تقليد الزرقالي. أما منتقدو بطلميوس، فمنهم من انتقده من مواقع هي بالنتيجة بطلمية (مثل جابر بن أفلح) ومنهم من فعل انطلاقاً من مواقع أرسطوطالية (مثل ابن رشد والبطروجي. . . الخ).

وفي مجال علم الفلك «المستقيم» (الأورثوذكسي، التقليدي (المترجم))، سنبدأ بأبي السلط الداني الذي كتب في الأسطرلاب وفي الصفيحة الجامعة. ومقالته حول هذه الآلة الأخيرة هي النص الثالث من هذا النوع الذي حفظته الأيام بعد نصّي ابن السمح والزرقالي. وهي تبدو توسيعاً لنص هذا الأخير حول الصفيحة الجامعة، لكن الوسائط المستعملة فيها بطلمية(١٣٣). ولقد وضع إبن الكماد جداول فلكية لم تدرس إلا قليلاً، يظهر فيها بوضوح تأثير الزرقالي، على الأخص فيما يتعلق بالجداول الشمسية(١٣٤). أما كتاب **الزيج الكامل في التعاليم** لابن الهائم الإشبيلي فهو مجموعة طويلة من القواعد (القوانين) خالية من الجداول الرقمية، نجد فيها براهين هندسية جيدة الإتقان. وفي هذا الكتاب يبرز ابن الهائم كتلميذ أمين للزرقالي، ويعطي كمية كبيرة من المعلومات الجديدة

---

(١٣١) Nūr al-Din Abū Ishāk al-Bitrūjī, *On the Principles of Astronomy*, an edition of the arabic and hebrew versions with translation, analysis, and an arabic-hebrew-english glossary by Bernard R. Goldstein, Yale Studies in the History of Science and Medicine; 7, 2 vols. (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1971), vol. 1, pp. 123 - 125.

(١٣٢) انظر: Richard P. Lorch, «The Astronomy of Jābir Ibn Aflaḥ,» *Centaurus*, vol. 19, no. 2 (1975), pp. 85 - 107, and «Jābir Ibn Aflaḥ,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 7, pp. 37 - 39.

(١٣٣) انظر: Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences*, pp. 481 - 489, and Comes, *Ecuatorios - andalusíes, Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt*, pp. 139 - 157 and 237 - 251.

(١٣٤) انظر: Vernet, «Un tractat d'obstetríacia astrológica,» pp. 273 - 300, and Toomer, «The Solar Theory of Az-Zarqāl: An Epilogue,» pp. 513 - 519.

التي تتعلق بنشاط مدرسة طليطلة في النصف الثاني من القرن الحادي عشر.

وفيما يتعلق بالانتقادات الموجهة لِ **المجسطي**، نشير إلى أن كتاب جابر بن أفلح **إصلاح المجسطي** ليس منشوراً حتى الآن، مع الأسف. وقد يكون هذا الكتاب عملاً أساسياً في تطور علم الفلك «الأورثوذكسي» في القرن الثاني عشر[١٣٥]. في هذا الكتاب يبرز جابر ككاتب نظري ينتقد بعض مظاهر **المجسطي** كعدم تقديم بطلميوس لبرهان حول تنصيف الانحراف الكوكبي عن المركز. ومن جهة ثانية، يصف جابر في عمله هذا آلتين للرصد بإمكانهما أن تشكلا استباقاً للآلة الفلكية التي سميت في الغرب «Torquetum»[١٣٦]، ويساهم أيضاً في أن ينتشر في أوروبا علم المثلثات الجديد الذي سبق وأدخله إلى الأندلس ابن معاذ في القرن السابق؛ فهو يستخدم «قاعدة الكميات الأربع» ومبرهنات الجيب وجيب التمام و«مبرهنة جابر» (Théorème de Geber). ولقد عرف كتاب **الإصلاح** هذا في أوروبا بفضل ترجمة إلى اللاتينية قام بها جيرار دو كريمون وبفضل ترجمتين عبريتين. ولقد كان يذكر غالباً في المراجع الأوروبية ابتداءً من القرن الرابع عشر. فالقسم منه المتعلق بعلم المثلثات، يعتبر مصدر كتاب *De triangulis* لريجيومونتانوس.

لكن «الاستثمار» الأوروبي لهذا القسم يعود لتاريخ أبعد، ذلك لأن فلكيي ألفونس العاشر قد استعملوا بكفاءة سنة ١٢٨٠م سلسلة المبرهنات التي قدمها جابر[١٣٧] في علم المثلثات. ومن ناحية أخرى، فقد دخل كتاب **الإصلاح** إلى مصر في القرن الثاني عشر، مع يوسف بن يهودا بن شمعون، تلميذ ابن ميمون الذي درس وراجع معه النسخة الأصلية. ولقد كان هذا الكتاب معروفاً في دمشق في القرن الثالث عشر الميلادي حيث أوجزه قطب الدين الشيرازي (١٢٣٦ ـ ١٣١١م).

ولقد عوض نشوء علم الفلك «الفيزيائي» بشكل أو بآخر عن النقص المتمثل في التطور الضعيف لعلم الفلك الرياضي ـ بعد الازدهار الذي عرفه القرن الحادي عشر. ويبدو أن علم الفلك الفيزيائي لم يسبق له أن درس في الأندلس قبل القرن الثاني عشر. وهذا القرن الذي سيطر فيه الفلاسفة الأرسطوطاليون، نجد فيه مفكرين من أمثال ابن رشد، ابن ميمون، ابن باجه وابن طفيل، كانوا يحلمون ببناء علم فلك بإمكانه أن يتوافق

---

(١٣٥) انظر: Noël N. Swerdlow, «Jābir Ibn Aflaḥ's Interesting Method for Finding the Eccentricities and Direction of the Apsidal Line of a Superior Planet,» in: King and Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy*, pp. 501 - 512, and Toomer, Ibid., pp. 513 - 519.

(١٣٦) انظر: Richard P. Lorch, «The Astronomical Instruments of Jābir Ibn Aflaḥ and the *Torquetum*,» *Centaurus*, vol. 20 (1976), pp. 11 - 34.

(١٣٧) انظر: E. Ausejo, «Trigonometría y astronomía en el *Tratado del Cuadrante Sennero* (c. 1280),» *Dynamis*, vol. 4 (1984), pp. 7 - 22.

مع فيزياء أرسطو. وهذه الفيزياء لا تعترف إلا بثلاثة أنواع من الحركة (الطاردة المركزية، والانجذابية المركزية، والدائرية حول مركز (هو الأرض فيما خص علم الفلك). وهذا الاتجاه يقضي برفض علم الفلك البطلمي الذي يعتمد على دوائر متداخلة مختلفة المراكز وعلى أفلاك التدوير، كما يعبر عن الرغبة في العودة إلى نظام الكرات الموحدة المركز. كانت هذه الأفكار مقبولة، مع بعض الفوارق، لدى الفلاسفة الأربعة المذكورين. لكن، على الرغم من حيازتنا على عدد من الاستشهادات غير المباشرة التي تدعو إلى الاعتقاد بأن ابن باجه وابن طفيل كان لديهما تصور لأنظمة فلكية «فيزيائية»، إلا أننا لا نملك التفاصيل التي تثبت هذا الاعتقاد، وما نعرفه لا يتجاوز التصريحات المبدئية. أما بالنسبة إلى ابن رشد، فالأمر معروف تماماً وتعتبر حالته مثيرة للفضول. ففي شروحاته المسهبة لـ «ميتافيزيقا»[١٣٨] أرسطو التي صاغها في العام ١١٧٤ م (في كتابه **التلخيص**) يبدو متقبلاً لعلم الفلك البطلمي، لكنه فيما بعد (بعد ١١٨٦م) في شروحاته الكبيرة (**التفسير**) للموضوع نفسه، نراه يتراجع ويرفض هذا العلم البطلمي[١٣٩]. وفي كتابه الأخير هذا يطرح ابن رشد المبادىء التي ينبغي أن يعتمدها الإصلاح في علم الفلك (وأغلب هذه المبادىء قد تبناها البطروجي). وفيه يعترف بأن تقدمه في السن يمنعه من مباشرة الأبحاث اللازمة في هذا المجال حتى وإن كانت قد راودته في شبابه آمال بذلك.

ومن جهة أخرى، وعلى الرغم من رفضهم أفكار بطلميوس المتعارضة مع أرسطو، فإن هؤلاء المؤلفين كانوا يدركون الطاقات التنبؤية لعلم الفلك المجسطي. فلقد كان ابن ميمون، المقتنع بأن الكون البطلمي لا ينطبق مع الكون الحقيقي، يعتقد أيضاً أن الإنسان ليس بإمكانه أن يصل إلى المعرفة الصحيحة للقوانين التي تنظم بنية الكون. على هذا الأساس، نراه يستخدم بمنتهى الكفاءة علم الفلك البطلمي في كتابه **الاحتفال بالهلال** حيث يجد نفسه في مواجهة مسألة معقدة بشكل خاص، وهي رؤية الهلال الجديد[١٤٠].

---

(١٣٨) ترجمت إلى العربية تحت عنوان **الفلسفة الأولى أو ما بعد الطبيعة**. (المترجم).

(١٣٩) انظر: A. I. Sabra: «An Eleventh - Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory,» in: *Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen*, edited by Erna Hilfstein, Pawel Czartoryski and Frank D. Grande, Studia Copernicana; 16 (Wroclaw: Ossolineum, 1978), pp. 117-131, and «The Andalusian Revolt against Ptolemaic Astronomy: Averroes and al-Biṭrūjī,» in: Everett Mendelsohn, ed., *Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen* (Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1984), pp. 133 - 153, and Francis J. Carmody, «The Planetary Theory of Ibn Rushd,» *Osiris*, vol. 10 (1952), pp. 556 - 586.

(١٤٠) انظر: Mosen ben Maimon, *Sanctification of the New Moon*, translated from the hebrew by S. Gandz, with supplementation and an introduction by J. Obermann and an astronomical commentary by O. Neugebauer, His the Code of Maimonides, Book 3, Treatise 8 (New Haven, Conn.: Yale University Press, 1956).

ويبدو بوضوح أن هؤلاء الفلاسفة الأربعة كانوا يعرفون بطلميوس. فلقد كان ابن باجه قادراً على احتساب الخسوف، «كان قد عرف وقت خسوف البدر بصناعة التعديل»[(١٤١)]. وبالإضافة إلى هؤلاء نرى البطروجي أيضاً يمدح دقة وصواب **المجسطي** الذي تشتق منه كل الوسائط العددية التي استخدمها في كتابه **كتاب في الهيئة**.

ولقد كان البطروجي الوحيد بين ممثلي المدرسة الأرسطوطالية في الأندلس في القرن الثاني عشر الذي توصل إلى صياغة نظام فلكي جنيني وحيد المركز في الاتجاه الذي رسمه أودوكس[(١٤٢)]. ولقد أدخل ضمن هذا النظام قدراً كبيراً من الاسهامات الفلكية السابقة، من بطلميوس وحتى الزرقالي[(١٤٣)]. فهو يعتبر أولاً أنه، إذا كان أصل كل الحركات السماوية موجوداً في «المحرك الأول» الكائن في الكرة التاسعة، فمن المحال التفكير بأن هذا «المحرك الأول» ينقل إلى الكرات السفلى حركات متعاكسة الاتجاه: حركة نهارية من الشرق إلى الغرب وحركة حسب خط الطول من الغرب إلى الشرق. فيجب أن نسلم بأن حركة الكرة التاسعة ـ وهي الأسرع والأقوى والأبسط من بين كل الحركات ـ تنتقل إلى الكرات الأدنى وتصبح حركات أكثر فأكثر بطئاً كلما ازداد بعدها عن المحرك الأول. فحركة المبادرة لكرة النجوم الثابتة والحركات حسب خطوط الطول للكرات الكوكبية تشكل نوعاً من التأخير أو الكبح («التقصير»، وباللاتينية «incurtatio») الذي يخفف من سرعة الحركة النهارية. وهنا يطرح هذا الكاتب مسألة لم يكن بإمكانه حلها، وهي مسألة انتقال الحركة من الكرة التاسعة إلى الكرات الأدنى. ويحاول البطروجي أن يشرح هذه الظاهرة عن طريق استعارتين لهما، في كل الأحوال، فائدة تتجلى بطرح مسألة تشبيه علم الحركة الفلكي بعلم الحركة الأرضي. ولقد كان دوهيم (Duhem) أول من لفت الانتباه إلى أولى هاتين الاستعارتين، ولاحظ أن البطروجي يسترجع في هذا المجال نظرية «الميل» (impetus) العائدة لعلم الحركة الأفلاطوني المحدث (néoplatonicienne) التي شكلها جان فيليبون في القرن السادس للميلاد: فكما أن النبال يعطي للسهم «الميل القسري» الذي يواصل دفعه بعد أن ينطلق طائراً منفصلاً عن دافعه، يمكننا أن نتصور انتقال الحركة بين الكرات السماوية حتى وإن كان منفصلاً بعضها عن البعض الآخر[(١٤٤)]. والتشبيه الثاني له أيضاً طابع نيوأفلاطوني، وأتى في الأصل من الفيلسوف أبو البركات البغدادي (القرن الحادي عشر ـ القرن الثاني عشر) والذي أدخلت أعماله إلى الأندلس عن طريق اسحق بن

---

(١٤١) انظر: أبو العباس أحمد بن محمد المقري، **نفح الطيب من غصن الأندلس الرطيب**، تحقيق إحسان عباس، ٨ ج (بيروت: دار صادر، ١٩٦٨)، ج ٧، ص ٢٥.

(١٤٢) انظر: Edward Stewart Kennedy, in: *Speculum*, vol. 29 (1954), p. 248.

(١٤٣) انظر: Goldstein, «On the Theory of Trepidation According to Thābit b. Qurra and al-Zarqāllu and Its Implications for Homocentric Planetary Theory,», pp. 232 - 247.

(١٤٤) انظر: Pierre Maurice Marie Duhem, *Etudes sur Léonard de Vinci*, 3 vols. (Paris: A. Hermann, 1906 - 1913), vol. 2, p. 191.

ابراهيم بن عزرا، الذي كان تلميذه في بغداد. فكما البغدادي، كذلك البطروجي كان يعتبر أن الحركة الدائرية للكرات السماوية مبررة «بالشوق» (والكلمة من عند البطروجي) الذي تكنه كل كرة للكرة التي تليها في العلو، وهذا الشوق يشابه الشوق الذي تكنه الأصول الأربعة لتحتل مكانها الطبيعي. غير أن كل جزء من الكرة الأدنى يوجد في وقتٍ ما بقرب جزء من الكرة الأعلى، فلا يستطيع إخماد شوقه إلا جزئياً. لهذا السبب تتحرك الكرة الأدنى، وهذه الحركة الدائرية هي نتيجة المجهود الذي يبذله كل من أجزائها للاقتراب من كل من أجزاء الكرة الأعلى(١٤٥).

يعتمد النظام الفلكي للبطروجي، إذن، على أن كرة النجوم الثابتة هي الأسرع وعلى أن كرة القمر هي الأبطأ. وليس في هذا التصور أية أصالة. فلقد نسب لوكريس (Lucrèce) أفكاراً مماثلة إلى ديموقريطس، وكذلك نسب اسكندر الأفروديسي أفكاراً مماثلة إلى الفيثاغوريين. ومن جهة أخرى، يقول مارتيانوس كابللا(١٤٦) ان المشائين كانوا يعتقدون بأن الكواكب لا تتحرك في اتجاه معاكس لحركة الكرة السماوية، لكن هذه الكرة تتجاوز الكواكب لأنها تتحرك بسرعة لا يمكن للكرات الكوكبية إدراكها. ونعود فنجد مجدداً الأفكار نفسها عند ثيون الإسكندري وعند ابن رشد. إن حركة الكرة التاسعة المذكورة، تنتقل أيضاً إلى عالم ماتحت القمر حيث ينتج عنها في كرة النار، ظهور النيازك؛ أما في كرة الماء فينتج عنها الموج وحركات المد والجزر. ونظرية البطروجي هذه في المد والجزر، مذكورة في **كتاب المد والجزر** المنسوب لابن الزيات التديلي (المتوفى عام ١٢٣٠م)، الذي نجد فيه أيضاً دراسة معمقة حول الدورات اليومية والشهرية والسنوية للمد والجزر(١٤٧).

لقد ركزنا إلى الآن على الأساس الفيزيائي لنظام البطروجي الفلكي. ولا نستطيع أن نتوسع هنا في تفاصيل نماذجه عن الشمس والقمر والنجوم الثابتة والكواكب. ونكتفي بالملاحظة الإجمالية بأن هذه النماذج موحدة المركز، حيث تتحرك الكواكب على طرف محور يتقدم بدوره على فلك تدوير يوجد مركزه على فلك حامل قطبي (طرف المحور يرسم قوساً دائرياً قيمته 90°). وهنا نجد استخداماً منهجياً لمعطيات بطلميوس الهندسية، لكن، مع وضع الأفلاك الحاملة المختلفة المراكز، وأفلاك التدوير، حول قطب الكون. وقد استعمل الزرقالي حلولاً مشابهة في نماذجه الهندسية المخصصة لشرح تغيرات انحراف دائرة

---

(١٤٥) انـظـر: Samsó, «Tres notas sobre astronomía hispánica en el siglo XIII,» pp. 167 - 179.

(١٤٦) Martianus Capella, *De nuptiis*, chap. 8, p. 853.

(١٤٧) الـنـشـرة والـتـرجـمـة الاسـبـانـيـة لـ: L. Martínez, «El *Kitāb al-madd wa-l-ŷazr* de Ibn al-Zayyāt,» in: Vernet, éd., *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo XIII*, pp. 111-173. انـظـر أيـضـاً: L. Martínez, «Teorías sobre las mareas según un manuscrito árabe del siglo XII,» *Memorias de la Real Academia de Buenas Letras*, vol. 13 (1971 - 1975), pp. 135 - 212.

الكسوف. وتعتبر نماذج البطروجي، بالإجمال، عبقرية، لكن لم يكن بإمكانها أن تدرك الدقة التي توصلت إليها النماذج التي استخدمت ضمن التقليد البطلمي. ومن جهة أخرى، لم يتوصل أحد إلى احتساب جداول بواسطة هذه النماذج الجديدة. فلم يكن نظام البطروجي منسجماً دائماً مع المبادىء التي وضع من أجلها، لأنه كان نظاماً وصفياً صرفاً. لذلك نراه قد نال نجاحاً كبيراً عند الفلاسفة المدرسيين(١٤٨)، بينما لم يأخذه الفلكيون على محمل الجد.

ويبقى أن نشير إلى نقطة أخيرة. فلقد رأينا أنه على الرغم من التأثير الجدي لأرسطو على كتاب البطروجي **كتاب في الهيئة**، فإن المبادىء الفيزيائية التي اعتمدها لم تكن دائماً متوافقة مع هذا الفيلسوف التقليدي؛ ولقد استطعنا أن نتبين فيه تأثيرات علم الحركة النيوأفلاطوني. إن هذا الأمر قد يعود الى التأثير غير المباشر لابن باجه الذي يمثل في الأندلس هذه الفيزياء «الجديدة» في مواجهة ابن رشد المدافع الأكبر عن الأرسطوطالية التقليدية. ويبدو أن ابن باجه كان على علم بمؤلفات جان فيليبون عبر دحض الفارابي له، أو عبر تأثير أبي البركات البغدادي. وأفكار ابن باجه هامة على عدة صعد. فهو يهتم بالحركة التي يحدثها المغناطيس، وكذلك بتنقل الأجسام على مستوٍ مائل، ويعبر عن حس علمي في تصوره للقوة الدافعة، حيث نجد بعض التشابه مع مفهوم القصور الذاتي في الفيزياء النيوتنية. ولئن بدا ابن باجه غير قابلٍ بنظرية «الميل»، ومنحازاً إلى أفكار أرسطو فيما يتعلق بـ «الحركات القسرية»، إلا أنه يدافع ـ ضد أرسطو ـ عن احتمال «حركة طبيعية» في الفراغ، ذلك لأنه يقبل بـ«الصيغة الطرحية» (Formule soustractive) التي تحكم سقوط الأجسام:

$$V = P - M$$

حيث V هي سرعة السقوط وP هي القوة الدافعة التي تتعلق بالوزن أو بالثقل النوعي للجسم وM هي مقاومة الوسط التي تتعلق بدورها بثقله النوعي أو بكثافته. وانسجاماً مع هذا التصور، يكون لدينا في الفراغ: $M = 0$، وبالتالي يكون $V = P$، فتكون سرعة السقوط بالتالي هي «السرعة الطبيعية» للجسم، التي تتعلق بشكل أو بآخر بثقله النوعي.

ومن جهة أخرى، لكي يشرح نظريته حول سقوط الأجسام يلمح ابن رشد إلى حركة الأجرام السماوية في الفضاء الفارغ حيث تتحرك هذه الأجرام بسرعة متناهية (محدودة).

---

(١٤٨) انظر: A. Cortabarria Beitia, «Deux sources de S. Albert le Grand: Al-Biṭrūjī e al-Battānī,» *Mélanges du l'institut dominicain d'études orientales du Caire,* vol. 15 (1982), pp. 31 - 52, et R. S. Avi - Yonah, «Ptolemy vs. al-Bitruji: A Study of Scientific Decision-Making in the Middle Ages,» *Archives internationales d'histoire des sciences,* vol. 35 (1985), pp. 124 - 147.

انظر أيضاً: Nūr al-Din Abū Isḥāk al-Bitrūjī, *De motibus celorum,* critical edition of the latin translation of Michael Scot; edited by Francis J. Carmody (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1952).

وهذا يدل على أن فيلسوفنا يتصور علماً (واحداً) للحركة يمكن تطبيقه على العالم تحت القمري كما على العالم فوق القمري خلافاً للنظرية الأرسطوطالية التي تتصور علمين للحركة.

ولقد انتشرت هذه التعاليم في أوروبا القرون الوسطى عن طريق دحضها الذي قام به ابن رشد، وقد أثرت على أفكار توما الاكويني (Thomas d'Aquin) ودنز سكوت (Duns Scot) وغيرهما من الفلاسفة المدرسيين (scolastiques). ولقد وصلت أصداؤها في القرن السادس عشر إلى كتاب إيطاليين من أمثال بِنِدِتّي (Benedetti) وبورّو (Borro)، سلفي غاليليوس. والمعروف أن هذا العالم، في المرحلة من حياته المعروفة بالفترة البيزية (نسبة إلى مدينة بيزا)، تبنى الصيغة الطرحية، مدخلاً بكل وضوح أن P وM هما الثقلان النوعيان للجسم وللوسط. إن النتيجة الفورية لهذه الأفكار هي أن جسمين مختلفي الحجم لهما الثقل النوعي نفسه، يسقطان بالسرعة نفسها. وهذه هي بالضبط الفرضية التي أثبتتها (على حد اعتقاده (المترجم)) التجربة المشهورة التي قام بها عند البرج المائل[١٤٩].

خامساً: الانحطاط (القرن الثالث عشر ـ القرن الخامس عشر)

بعد سقوط حكم الموحدين اقتصرت إسبانيا المسلمة على مملكة غرناطة النصرية (١٢٣٢ ـ ١٤٩٢م)[١٥٠]. وبدأت ترتسم بمزيد من الوضوح مظاهر الانحطاط التي بدأت في المرحلة السابقة. والعلماء المسلمون الذين أضحوا في أرض احتلها المسيحيون عبروا الحدود، عامة، ليستقروا إما في غرناطة أو في أفريقيا الشمالية أو في الشرق. وقد حصل ذلك على الرغم من السياسة التي اعتمدها ألفونس العاشر (١٢٥٢ ـ ١٢٨٤م) لاجتذاب رجال العلم المسلمين بعد احتلاله مرسيه (Murcie) عام ١٢٦٦م. ويقول ابن الخطيب ان الملك قدم مكافآت هامة لرجال العلم الذين يعتنقون المسيحية، ومنهم من قبل بذلك مثل برناردو العربي (Bernardo el Arabigo)، الذي ساعد على مراجعة الترجمة القشتالية لرسالة الزرقالي حول **الصفيحة** *(azafea)* التي جرت في برغوس عام ١٢٧٨م. أما الطبيب والرياضي الذي يفوقه كثيراً مكانة وأهمية وهو محمد الرقوتي، فقد رفض العرض الملكي

(١٤٩) انظر: Shlomo Pines, «La Dynamique d'Ibn Bājja,» dans: *Mélanges Alexandre Koyré*, histoire de la pensée; 12 - 13, 2 vols. (Paris: Hermann, 1964), vol. 1: *L'Aventure de la science*, pp.442 - 468; Ernest A. Moody, «Galileo and Avempace: The Dynamics of the Leaning Tower Experiment,» *Journal for the History of Ideas*, vol. 12, no. 2 (April 1951), pp. 163 - 193 and 375-442, and Edward Grant, «Aristotle, Philoponus, Avempace and Galileo's Pisan Dynamics,» *Centaurus*, vol. 11, no. 2 (1965), pp. 79 - 95.

(١٥٠) حول لمحة عن تطور العلوم والطب، انظر: Rachel Arié, *L'Espagne musulmane au temps des Nasrides (1232 - 1492)* (Paris: Boccard, 1973), pp. 428 - 438.

وذهب إلى غرناطة التي كان يحكمها محمد الثاني(١٥١). لذلك فلا يوجد تطور علمي مسلم في اسبانيا المسيحية على الرغم من أنه بالإمكان إيجاد استثناءات أحياناً.

ففي النصف الثاني للقرن الخامس عشر وجدت في سرقسطة «مدرسة» كان بإمكان الطالب أن يتعلم فيها الطب قارئاً، باللغة العربية بالطبع، **الأرجوزة في الطب** وكتاب **القانون** لابن سينا(١٥٢). ومن جهة أخرى، فعلى الرغم من الحد من الحريات، يؤكد بعض المراجع وجود نوع من حرية الحركة للمسلمين، على الأقل في منطقة بلنسية. فلقد كان البعض يسافر إلى غرناطة أو يقطع جبل طارق طلباً للحج أو سعياً وراء العلم. كما أن بعض المسافرين المسلمين أتوا إلى بلنسية قادمين من غرناطة أو من شمال افريقيا(١٥٣).

ولقد كان لهذه الرحلات أحياناً بعض التأثير في مجال العلوم. فلقد أدخل فقيه من باترنا في العام ١٤٥٠م آلة فلكية (Sexagenarium) إلى بلنسية كانت تستعمل من قبل الفلكيين في القاهرة. وهذه الآلة هي جهاز ينتمي إلى عائلة «الصفائح الجامعة لتقويم الكواكب» له «جانب كوكبي» (يعطي الحركات المتوسطة للكواكب) و«جانب مثلثاتي» (نسبة إلى علم المثلثات) يحتوي على ربعية للجيوب (sinus)، يمكن بواسطتها أن تحل بيانياً مسائل علم المثلثات التي بإمكانها أن تحدد معادلات الكواكب. والرسالة التي تصف هذا الجهاز كانت موضوعاً للترجمات الكتالانية والإيطالية واللاتينية، وتعتبر هذه الرسالة إحدى أخريات الحالات المعروفة عن انتقال العلم العربي عبر إسبانيا(١٥٤).

غير أن رجال العلم، كما سبق وأشرنا، كانوا غالباً يفضلون اجتياز الحدود إلى خارج المناطق المحتلة. ففي القرن الثالث عشر هاجر عالم العقاقير المشهور ابن البيطار إلى المغرب ثم إلى مصر، وأخيراً إلى دمشق، حيث توفي عام ١٢٤٨م. أما الفلكي محيي الدين المغربي، فيحتمل أنه من أصل أندلسي لكنه عمل في سوريا، ومن ثم في مرصد مراغة. وهناك حالة ثالثة ملفتة للنظر هي حالة الرياضي «القلصادي» المولود في باجه (Baza) في العام ١٤١٢م والمتوفى في تونس عام ١٤٨٦م. وهناك أيضاً رجال العلم الذين بقوا في غرناطة خيارهم الأندلسي الوحيد المتبقي. ولقد قدم بعض الحكام لهؤلاء أجواءً مؤاتية، ونذكر على سبيل المثال أن محمد الثاني (١٢٧٣ ـ ١٣٠٢م) اجتذب الى بلاطه العالم الرقوتي الذي

---

(١٥١) انظر: Julio Samsó, «Dos colaboradores científicos musulmanes de Alfonso X,» *Llull*, vol. 4 (1981), pp. 171 - 179.

(١٥٢) انظر: Ribera, «La Enseñanza entre los musulmanes españoles,» vol. 1, pp. 229 - 359.

(١٥٣) انظر: M. C. Barceló, *Minorías islámicas en el país valenciano: Historia y dialecto* (Valencia: [n. pb.], 1984), especially pp. 102 - 104.

(١٥٤) انظر: Lynn Thorndike, «Sexagenarium,» *Isis*, vol. 42 (1951), pp. 130 - 133, and Emmanuel Poulle, «Théorie des planètes et trigonométrie au XVe siècle d'après un équatoire inédit, le sexagenarium,» *Journal des savants* (1966), pp. 129 - 161.

سبق أن أشرنا إليه والرياضي الفلكي ابن الرقام (ت ١٣١٥م) وهو من أصل أندلسي، استقر في تونس. ولقد كان الرقوتي في أساس مدرسة هامة في الطب انتهت إلى محمد الشفرة (ت ١٣٦٠م). أما ابن الرقام فقد قام بدوره بتدريس الرياضيات وعلم الفلك لأبي زكريا بن هذيل وعلّم السلطان نصر (١٣٠٩ ـ ١٣١٤م) احتساب التقاويم، كما علّمه بناء الأدوات الفلكية. ومن بين الأمراء المشهورين يجب التنويه أيضاً بيوسف أخي محمد الثاني الذي كان من كبار المولعين بالكتب الرياضية والفلكية، لكنه كان يجد نفسه مضطراً لإخفاء هذه الاهتمامات عن أبيه محمد الأول (١٢٣٧ ـ ١٢٧٣م) الذي لم يكن يستحسنها[١٥٥].

ومن ناحية أخرى، فإن التطور العلمي الناشىء في إسبانيا القرن الثالث عشر المسيحية، كانت له، على ما يبدو، انعكاسات في غرناطة النصرية. فلدينا بعض ما يشير إلى الظاهرة التي سماها غارسيا بالستر «ارتداد النزعة المدرسية» (Reflux de la scolastique)[١٥٦]. وهذه الظاهرة تمثلت في أن ثقافة علمية معدة في إسبانيا المسيحية استندت منذ بداية القرون الوسطى على قواعد علمية أتت من العالم العربي، قد أدخلت إلى إسبانيا المسلمة. هذه الحركة التي سيكون لها نتائج هامة في افريقيا الشمالية فيما بعد، يبدو أنها انطلقت منذ بداية القرن الثالث عشر. وفي هذا المجال نستطيع التنويه بمحمد بن الحاج (المتوفى عام ١٣١٤م)، المولود في إشبيلية المسيحية، الذي يمدح ابن الخطيب معارفه باللغة وبالثقافة «الرومية». وهذا الوجه العلمي، أو أبوه[١٥٧]، وهو نجار «مدجن» من إشبيلية، هو الذي بنى ناعورة فاس الكبرى: «الجديدة»، للسلطان المريني[١٥٨] «أبي يوسف» (١٢٥٨ ـ ١٢٨٦م). وقد أثارت هذه الناعورة انتباه ليون الأفريقي الذي يصفها مشيراً إلى أنها لا تدور سوى ٢٤ مرة في اليوم الواحد؛ ولو صحت هذه الرواية، فقد ينبغي التفكير بإمكانية وجود ساعة تسير بواسطة حركة الناعورة، مثل تلك التي كان قد بناها في الصين سو ـ سنغ في القرن الحادي عشر. وعند وفاة أبي يوسف، عاد ابن الحاج إلى غرناطة حيث استقبل جيداً في بلاط محمد.

وهناك حالة ثانية، أشد أهمية تتمثل بالجراح محمد الشفرة (توفي في العام ١٣٦٠م)

---

(١٥٥) **الإحاطة** لابن الخطيب وهي المصدر الأهم من بين المصادر ذات الطابع العام. والمعطيات العلمية لهذا المصدر كشفها وحللها: Roser Puig: «Dos notas sobre ciencia hispano - árabe a finales del siglo XIII en la *Iḥāṭa* de Ibn al-Jaṭīb,» *Al-Qanṭara*, vol. 4 (1983), pp. 433 - 440, and «Ciencia y técnica en la *Iḥāṭa* de Ibn al-Jaṭīb: Siglos XIII y XIV,» *Dynamis*, vol. 4 (1984), pp. 65 - 79.

(١٥٦) انظر: García Ballester, *Historia social de la medicina en la España de los siglos XIII al XVI*, pp. 21 ff.

(١٥٧) إن نص ابن الخطيب ليس واضحاً بالشكل الكافي. انظر شرحي: Georges S. Colin, «L'Origine des norias de Fès,» *Hespéris*, vol. 16 (1933), pp. 156 - 157, et Puig, «Dos notas sobre ciencia hispano - árabe a finales del siglo XIII en la *Iḥāṭa* de Ibn al-Jaṭīb,» pp. 433 - 440.

(١٥٨) نسبة إلى بني مرين.

المولود في كريفيلانت (اللقنت ـ (Alicante)) عندما غدت هذه المدينة تحت الحكم الإسباني، الذي درس الجراحة «على عدد من أمهر الذين مارسوا هذا الفن اليدوي وكانوا من الإسبان»، ومن بين هؤلاء، نجد المعروف بالمعلم برنات (أو بزناد أو بزند) البلنسي(١٥٩).

إن المثل الأكثر دلالة على هذا «الارتداد» يتعلق بالتأثير الاسباني الغربي المحتمل في أصول ما سمي في الأندلس بـ «المدرسة»، حتى وإن كان هذا التأثير محض فرضية. فحسب رواية ابن الخطيب، إن ألفونس العاشر عندما التقى العالم الرقوتي في مرسيه (Murcie)، بنى له «مدرسة» لكي يعلم فيها الطلاب. ولقد أعيد تطبيق الفكرة نفسها، من قبل محمد الثاني، الذي قدم، أيضاً للرقوتي، الوسائل المادية لتنظيم تدريسه في غرناطة. ومن جهة أخرى، احتفل ألفونس العاشر في العام ١٢٥٤م بإنشاء مؤسسة تدريسية عامة (Studium générale) في إشبيلية. ومن بين شهود الاحتفال يذكر حضور الملك محمد الأول ملك غرناطة. كل هذه الأمور تشكل سلسلة أحداث، تقودنا في العام ١٣٤٩م إلى تأسيس «المدرسة اليوسفية النصرية» أو «العلمية» في غرناطة من قبل «الحاجب» رضوان، وهو شخصية علمية من أصل إسباني(١٦٠)؛ ويحتمل أن تكون المدرسة المذكورة، أولى المؤسسات المكرسة لتعليم العلوم في الأندلس، لأننا نعلم أن الطب قد دُرّس فيها. ونستطيع بالطبع، التفكير بوجود تأثير مغربي في هذا الاتجاه، ذلك لأن أول «مدرسة» تأسست في المغرب كانت في جامع القرويين في فاس عام ١٢٧١م، لكن بالإمكان الإبقاء على إمكانية تأثير الممارسة الإسبانية في هذا المجال.

وفي هذه الأجواء يطرح سؤال حول نوعية المواد العلمية التي درست في غرناطة. أول جواب عن هذا السؤال تقدمه لنا معطيات كتاب **الإحاطة في أخبار غرناطة** لابن الخطيب، هذه المعطيات التي كشف عنها ر. بويغ (R. Puig). ففي هذا الكتاب يذكر ابن الخطيب ٤٧ شخصية عرف اهتمامها بالعلم في القرنين الثالث عشر والرابع عشر في مملكة بني نصر. ومن خلال السير الـ ٤٧ المذكورة هذه، نرى أن عدد الذين اهتموا منهم بالطب يأتي بالدرجة الأولى، يليه عدد الرياضيين، ومن ثم عدد الفلكيين. إن هذا الإحصاء يتوافق جيداً مع الواقع. ولن نتحدث هنا عن الطب. وفي مجال العلوم الزراعية وعلم النبات نذكر اسمي ابن البيطار (١١٩٧ ـ ١٢٨٤م) وابن ليون (١٢٨٢ ـ ١٣٤٩م). فلقد بلغ الأول الذروة في علم العقاقير الأندلسي الذي ما انفك يتطور منذ القرن العاشر. فكتابه **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية** هو المؤلف الأكمل في علم النبات التطبيقي في شبه

---

(١٥٩) انظر: H. P. J. Renaud, «Un chirurgien musulman du royaume de Grenade: Muḥammad Aš - Šafra,» *Hespéris*, vol. 20, fascicules I - II (1935), pp. 1 - 20.

(١٦٠) انظر: L. Seco de Lucena Paredes, «El ḥāŷib Riḍwān, la madraza de Granada y las murallas del Albayzín,» *Al-Andalus*, vol. 21 (1956), pp. 285 - 296.

الجزيرة الإيبيرية في القرون الوسطى[١٦١]. فهو يصف فيه ثلاثة آلاف صنفٍ من الأعشاب الطبية أدرجها حسب الترتيب الأبجدي لأسمائها واستقى معلوماته حولها من مئة وخمسين كاتباً منذ ديوسقوريدس وحتى الغافقي وأبي العباس النبطي. كما نجد فيه ملاحظات وتأملات شخصية قام بها الكاتب، لكنها تعتبر ضئيلة إذا ما قيست بالمعلومات التي جمعت في هذا الكتاب. فابن البيطار يقع، إذن، في قمة تطور هذا العلم وفي بداية الانحطاط في الوقت نفسه. ولكننا لا نستطيع أن نصف الشخصية الثانية التي ذكرناها (ابن ليون) بالصفة نفسها، ذلك لأن دور ابن البيطار في مجال علم الزراعة يمكن مقارنته بدور ابن العوام في القرن السابق: فطالما أن تركيباً وتجميعاً كبيراً للمعلومات قد حصلا، لذلك أصبح العمل التلخيصي مطلوباً؛ وهذا ما قام به ابن ليون عندما كتب **الأرجوزة** الزراعية التي ليست سوى موجز زراعي في أشعار، دون فائدة كبرى تستحق التوقف عندها[١٦٢].

وفي الرياضيات، ليس لدينا سوى اسمين نذكرهما. **الأول** هو اسم ابن بدر، الذي لا يوجد ما يدل بدقة على تاريخ ولادته أو مماته، إنما يبدو أنه عاش في القرن الثاني عشر أو الثالث عشر. وهو مؤلف «رسالة في الجبر العام» تهتم بحل المسائل غير المحددة[١٦٣] («السيّالة» (المترجم)). أما الاسم الثاني فهو اسم «القلصادي» (حوالى ١٤١٢ ـ ١٤٨٦م) الذي كتب في مواضيع متنوعة، وتفوق أعماله كثيراً أعمال ابن بدر. إن ما يهمنا من أعمال هذا العالم هو ما كتبه في علم الحساب والجبر وفي تقسيم الميراث («علم الفرائض»)، ونشير إلى أن المجموعة الكاملة لمؤلفاته غير معروفة حتى الآن. إن «رحلته» لأداء فريضة الحج سمحت له بالقيام بدراسات في تلمسان ووهران وتونس وكذلك في الشرق. وهذا ما يفسر تأثره بأعمال الرياضي المراكشي ابن البناء (المتوفى عام ١٣٢١م) واستعماله رموزاً جبرية كان قد استعملها عدد من الرياضيين الشرقيين كما كان قد استعملها في المغرب، يعقوب بن أيوب (حوالى ١٣٥٠م) وفي الجزائر ابن قنفذ (ت ١٤٠٧م)[١٦٤].

---

(١٦١) انظر الترجمة الفرنسية للُكلِرك (L. Leclerc) في: *Notices et extraits des manuscrits de la bibliothèque nationale* (Paris: [s. n.], 1877 - 1883), vol. 23 et 25 - 26.

(١٦٢) انظر التحقيق والترجمة الاسبانية التي قام بها: Ibn Luyūn, *Tratado de Agricultura*, édition et traduction espagnole de J. Eguaras (Grenade: [s. n.], 1975).

(١٦٣) انظر: Abenbéder, *Compendio de Algebra de Abenbéder*, texto árabe, traducción y estudio por José A. Sánchez Pérez (Madrid: [n. pb.], 1916).

(١٦٤) انظر: H. P. J. Renaud, «Notes critiques d'histoire des sciences chez les musulmans. IV. Sur un passage d'Ibn Khaldūn relatif à l'histoire des mathématiques,» *Hespéris*, vol. 31, fascicule unique (1944), pp. 35 - 47.

وحول القلصادي، انظر: «Qalaṣādī,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 11, pp. 229 - 230, and M. Souissi, «Un mathématicien tuniso - andalou: Al: Qalaṣādī,» paper presented at: *Actas del II Coloquio Hispano - Tunecino de Estudios Históricos* (Madrid: [n. pb.], 1973), pp.147-169.

وفي مجال علم الفلك يجب أن نشير مرة أخرى إلى اهتمام الأندلسيين بصناعة الأجهزة الفلكية، وإلى أن اتصالهم بالشرق بقي مستمراً، حتى في هذه المرحلة من عصر الانحطاط. وهكذا فإننا نجد أن ابن أرقم النميري (توفي ١٢٥٩م) قد كتب عن **الأسطرلاب الخطي** وهو جهاز قام بصنعه صانع الأسطرلابات الفارسي شرف الدين الطوسي (المتوفى عام ١٢١٣م)[١٦٥]. وابن الأرقم نفسه كان كاتب الرسالة الأولى من سلسلة من الرسائل التي تناولت علم الخيل، إحدى «صرعات» ذلك العصر في غرناطة النصرية[١٦٦].

ومن جهة أخرى، كتب المدعو حسين بن أحمد بن باص (أو ماص) الإسلامي، عام ١٢٧٤، رسالة طويلة حول اللوحة الشاملة، أي تلك التي تصلح لجميع خطوط العرض («لجميع العروض») والتي يمكن تصنيفها ضمن نمط «صفيحة» الزرقالي والتي توافق أيضاً تقليد «الصفيحة الآفاقية» التي تحمل اللوحات فيها إسقاط عدة آفاق. ويحتمل أن يكون هذا الفلكي هو نفسه حسن بن محمد بن باصو (المتوفى عام ١٣١٦م) الذي أصبح رئيس الموقتين في جامع غرناطة الكبير، وكان ابنه حسن أيضاً موقتاً في الجامع نفسه. ويمدح ابن الخطيب الأب وابنه مشيداً بمهارتهما في صناعة الأدوات الفلكية وخاصة المزاول (الساعات الشمسية)[١٦٧]. إن هذه المعطيات هامة لسببين: السبب **الأول** هو في كونها تشكل الشهادة الأولى على وجود الموقتين في الجوامع الأندلسية. والسبب **الثاني** هو الإعجاب الذي يبديه ابن الخطيب بخصوص المزاول التي صنعها ابن باصو. وهذا الإعجاب يثير الدهشة نظراً للفقر الذي عرفته صناعة هذا النوع من الأجهزة، حسب

---

(١٦٥) انظر: Roser Puig, «Ibn Arqam al - Numayrī (m. 1259) y la introducción en al-Andalus del astrolabio lineal,» in: Vernet, éd., *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el siglo de Alfonso X*, pp. 101 - 103.

(١٦٦) انظر: Georges S. Colin, «Un nouveau traité grenadin d'hippologie,» *Islamica*, vol. 6 (1934), pp. 332-337.

ومن أجل مصادر أكثر حداثة، انظر: Arié, *L'Espagne musulmane au temps des Naṣrides (1232 - 1492)*, et 'Ali Ibn 'Abd al-Raḥmān Ibn Hudhayl al-Andalusī, *Gala de caballeros, balsón de paladines*, edición preparada por María Jesús Viguera, Biblioteca de la literatura y el pensamiento hispánicos; 24 (Madrid: Editora Nacional, [c1977]).

(١٦٧) انظر: Renaud, «Notes critiques d'histoire des sciences chez les musulmans. I. Les Ibn Bāṣo,» pp. 1 - 12; Julio Samsó, «A Propos de quelques manuscrits astronomiques des bibliothèques de Tunis: Contribution à une histoire de l'astrolabe dans l'Espagne musulmane,» paper presented at: *Actas del II Coloquio Hispano - Tunecino de Estudios Históricos*, pp. 171 - 190, and E. Calvo, «La Lámina universal de 'Alī b. Jalaf (s. XI) en la versión alfonsí y su evolución en instrumentos posteriores», «Ochava Espera» y «Astrofísica,» in: *Textos y Estudios sobre las Fuentes Arabes de la Astronomía de Alfonso X* (Barcelona: [n. pb.], 1990), pp. 221 - 238.

معلوماتنا الحالية[١٦٨]. ومن المحتمل جداً أن يكون القرنان الثالث عشر والرابع عشر قد شهدا في غرناطة تجدداً مهماً في دراسة علم المزاول وتطبيقاته في صناعة الساعات الشمسية. هذه الفرضية أكدتها الدراسات التي أنجزت حديثاً حول **الرسالة في علم الظلال** لابن الرقام (ت ١٣١٥م) والتي تظهر الكفاءة العالية التي يطبقها الرياضيون والفلكيون على دراسة الساعات الشمسية باستخدام طرق تسطيح الكرة، التي لم تكن معروفة من قبل في الأندلس[١٦٩]. ولقد ألف ابن الرقام نفسه جداول فلكية[١٧٠] تابعاً فيها نهج الزرقالي وابن الهائم. إن هذه الجداول لم تدرس حتى الآن، لكن الدلائل تشير إلى أن أبحاثاً معمقة حول هذا الفلكي، يحتمل أن تجعل منه الوجه الأبرز في العلم النصري.

لكن ابن الرقام يشكل حالة استثنائية. فلقد بلغ العلم الأندلسي ذروته في القرن الحادي عشر واستمر بتقديم نتائج مرموقة حتى القرن الثاني عشر، لكنه لم يصمد بوجه الانحطاط السياسي والاحتضار الطويل للنصريين الغرناطيين. ولقد فهم القلصادي هذا الواقع (كما وعاه كثير من رجال العلم منذ القرن الثالث عشر) فرحل إلى افريقيا قبل الأزمة النهائية، وبعد وفاته سنة ١٤٨٦م بست سنوات، انتهى مجمل النشاط الثقافي العربي في الأندلس.

---

(١٦٨) انظر: King, «Three Sundials from Islamic Andalusia,» pp. 358 - 392.

(١٦٩) انظر: J. Carandell: «An Analemma for the Determination of the Azimuth of the *Qibla* in the *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl* of Ibn al-Raqqām,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften,* Bd. 1 (1984), pp. 61 - 72; «Trazado de las curvas de oración en los cuadrantes horizontales en la *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl* de Ibn al-Raqqām,» *Dynamis,* vol. 4 (1984), pp. 23 - 32, and *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl de Muḥammad Ibn al-Raqqām al-Andalusī* (Barcelona: [n. pb.], 1988).

(١٧٠) انظر: Vernet, «La Supervivencia de la astronomía de Ibn al-Bannā,» pp. 447 - 451.

المراجع

١ ـ العربية

كتب

ابن جلجل، أبو داود سليمان بن حسان. **طبقات الأطباء والحكماء**. تحقيق فؤاد سيد. القاهرة: المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية، ١٩٥٥. (مطبوعات المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة، نصوص وترجمات؛ ١٠)

ابن حجاج الإشبيلي، أبو عمر أحمد بن محمد. **المقنع في الفلاحة**. تحقيق صلاح جرار وجاسر أبو صفية؛ تدقيق وإشراف عبد العزيز الدوري. عمّان: مجمع اللغة العربية الأردني، ١٩٨٢.

ابن حيان. **المقتبس من أنباء أهل الأندلس**. تحقيق م. علي مكي. بيروت: [د. ن.]، ١٩٧٣.

ابن ماجد، شهاب الدين أحمد بن أبي الركائب. **الحاوية**. تحقيق وتقديم إبراهيم خوري. دمشق: نشرة الدراسات الشرقية، ١٩٧١.

———. **كتاب الفوائد في أصول علم البحر والقواعد**. تحقيق إبراهيم خوري وعزة حسن. دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية، ١٩٧١. (العلوم البحرية عند العرب، ج ١، ق ٢)

ابن ماجد، شهاب الدين أحمد بن ماجد بن محمد السعدي. **ثلاث أزهار في معرفة البحار**. تحقيق ونشر تيودور شوموفسكي؛ ترجمة وتعليق محمد منير مرسي. القاهرة: عالم الكتب، ١٩٦٩.

ابن الهيثم، أبو علي محمد بن الحسن. **الشكوك على بطليموس**. تحقيق عبد الحميد صبره ونبيل الشهابي؛ تصدير إبراهيم مدكور. القاهرة: مطبعة دار الكتب، ١٩٧١.

أروسيوس، باولوس. **تاريخ العالم**. تحقيق عبد الرحمن بدوي. بيروت: [د. ن.]، ١٩٨٢.

البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد. **القانون المسعودي**. صحح عن النسخ القديمة الموجودة في المكاتب الشهيرة، تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٤ ـ ١٩٥٦. ٣ ج.

ــــــــ. **كتاب في تحقيق ما للهند**. حيدر آباد الدكن: [د. ن.]، ١٩٥٨.

راشد، رشدي. **تاريخ الرياضيات العربية بين الجبر والحساب**. ترجمة حسين زين الدين. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية، ١٩٨٩. (سلسلة تاريخ العلوم عند العرب؛ ١)

شهاب، حسن صالح. **الدليل البحري عند العرب**. الكويت: مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، ١٩٨٣.

ــــــــ. **طرق الملاحة التقليدية في الخليج العربي**. الكويت: [د. ن.]، ١٩٨٤.

ــــــــ. **فن الملاحة عند العرب**. بيروت: دار العودة؛ صنعاء: مركز الدراسات والبحوث اليمني، ١٩٨٢.

الصوفي، عبد الرحمن بن عمر. **كتاب صور الكواكب الثمانية والأربعين**. حيدر آباد الدكن: جمعية دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٣. أعيد طبعه في: بيروت: دار الآفاق الجديدة، ١٩٨١.

العرضي، مؤيد الدين. **تاريخ علم الفلك العربي، مؤيد الدين العرضي (المتوفى سنة ٦٦٤هـ ـ ١٢٦٦م): كتاب الهيئة**. بيروت: مركز دراسات الوحدة العربية، ١٩٩٠. (سلسلة تاريخ العلوم عند العرب؛ ٢)

عيسى، محمد عبد الحميد. **تاريخ التعليم في الأندلس**. القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٨٢.

الفرغاني. **كتاب في الحركات السماوية وجوامع علم النجوم**. نشر النص العربي Golius. [امستردام: د. ن.، ١٦٦٩].

القفطي، أبو الحسن علي بن يوسف. **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**. تحقيق يوليوس ليبرت. ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣.

الكندي، أبو يوسف يعقوب بن اسحق. **كتاب في الصناعة العظمى**. تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد. قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧.

المقري، أبو العباس أحمد بن محمد. **نفح الطيّب من غصن الأندلس الرطيب**. تحقيق إحسان عباس. بيروت: دار صادر، ١٩٦٨. ٨ ج.

المهري، سليمان بن أحمد بن سليمان. **رسالة قلادة الشموس واستخراج قواعد الأسوس. تحفة الفحول في تمهيد الأصول في أصول علم البحر. كتاب شرح تحفة الفحول في تمهيد الأصول في أصول علم البحر**. تحقيق إبراهيم خوري. دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية؛ المطبعة التعاونية، ١٩٧٢. (العلوم البحرية عند العرب، تحقيق وتحليل، القسم ١)

———. **العمدة المهرية في ضبط العلوم البحرية**. تحقيق إبراهيم خوري. دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية؛ المطبعة التعاونية، ١٩٧٠. (العلوم البحرية عند العرب، تحقيق وتحليل، القسم ١)

———. **المنهاج الفاخر في علم البحر الزاخر**. تحقيق ابراهيم خوري. دمشق: مطبوعات مجمع اللغة العربية؛ المطبعة التعاونية، ١٩٧٠. (العلوم البحرية عند العرب، تحقيق وتحليل، القسم ١)

نالينو، كارلو ألفونسو. **علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى**. روما: مطبعة روما، ١٩١١.

دوريات

شوكت، إبراهيم. «خرائط جغرافيي العرب الأُول.» **مجلة الأستاذ** (بغداد): السنة ٢، ١٩٦٢.

٢ ـ الأجنبية

Books

Abenbéder. *Compendio de Algebra de Abenbéder*. Texto árabe, traducción y estudio por José A. Sánchez Pérez. Madrid: [n. pb.], 1916.

Abraham bar Ḥiyya ha-Nasi. *La Obra enciclopédica; yĕsodé ha-tĕbuná u-migdal haĕmuná,* de Abraham bar Hiyya ha-Bargeloní. Ed. crítica con traducción, prólogo y notas, por José Mª. Millás Vallicrosa. Madrid: [n. pb.], 1952.

———. *La Obra Séfer Ḥešbón mahlekot ha-kokabim (Libro del cálculo de los movimientos de los astros)*. Ed. crítica, con traducción, introd. y notas por José Mª. Millás Vallicrosa. [Barcelona]: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Arias Montano, 1959..

Albategnius. *Al-Battānī, sive Albatenii Opus Astronomicum (al-Zīj al-Ṣ*ābī'). Edition du texte arabe, traduction latine et commentaire par Carolo Alphonso Nallino. Milano: Mediolani Insubrum, Prostat apud U. Hoeplium, 1899 - 1907. (Publicazioni del Reale osservatorio di Brera in Milano, I-III). 3 vols. Réimprimé en 1 vol. Hildesheim; New York: G. Olms, 1977.

Albuquerque, Luis Guilherme Mendonça de. *Quelques commentaires sur la navigation orientale*. Paris: Arquivos do Centro Cultural, Fondation C. Gulbenkian, 1972.

Allan, J. W. *Persian Metal Technology, 700 - 1300 A.D.* London; Oxford: [n. pb.], 1979.

Altmann, Alexander (ed.). *Jewish Medieval and Renaissance Studies.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967.

'Arib Ibn Sā'id al-Kātib al-Qurtubī. *Le Calendrier de Cordoue.* Publié par R. Dozy. Nouvelle édition accompagnée d'une traduction française annotée par Ch. Pellat. Leiden: E. J. Brill, 1961. (Medieval Iberian Peninsula, Texts and Studies; v. 1)

Arié, Rachel. *L'Espagne musulmane au temps des Naṣrides (1232 - 1492)*. Paris: Boccard, 1973.

Asín Palacios, Miguel. *Glosario de voces romances, registradas por un botánico anónimo hispano-musulmán (siglos XI - XII)*. Madrid - Granada: [n. pb.], 1943.

Bagrow, Leo. *The Vasco Gama's Pilot*. Genova: Civico Instituto Colombiano, [1951?].

Barceló, M. C. *Minorías islámicas en el país valenciano: Historia y dialecto.* Valencia: [n. pb.], 1984.

Bassermann- Jordan, Ernst von (ed.). *Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren.* Berlin; Leipzig: Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger; W. De Gruyter, 1920 - 1925.

Berggren, J. L. and Bernard Raphael Goldstein (eds.). *From Ancient Omens to Statistical Mechanics: Essays on the Exact Sciences Presented to Asger Aaboe.* Copenhagen: [n. pb.], 1987.

Bianqueri, J. A. *Libro de Agricultura.* Madrid: [n. pb.], 1802. Réimprimé avec une étude de E. Garía Sánchez et J. E. Hernandez Bermejo. Madrid: [n. pb.], 1988.

Al-Bīrūnī, Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad. *Kitāb maqālīd 'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du X^e siècle.* Edition, traduction et commentaire par Marie-Thérèse Debarnot. Damas: Institut français de Damas, 1985.

———. *Taḥdīd al-amākin.* Edition critique par P. G. Bulgakov. Le Caire: Majallat al-Makhtūtāt al-'Arabiyya, 1962; English translation: *The Determination of the Coordinates of Positions for the Correction of Distances between Cities.* A translation from the arabic of al-Bīrūnī's *Kitāb taḥdīd al-amākin litashīh masāfāt al-masākin* by Jamil Ali. Beirut: American University of Beirut, 1967. (Contennial Publications/ American University of Beirut)

Al-Bīrūnī Commemoration Volume. Calcutta: Iran Society, 1951.

Al - Bitrūjī, Nūr al-Din Abū Isḥāḳ. *De motibus celorum.* Critical edition of the latin translation of Michael Scot, edited by Francis J. Carmody. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1952.

———. *On the Principles of Astronomy.* An edition of the arabic and hebrew versions with translation, analysis, and an arabic - hebrew - english glossary by Bernard R. Goldstein. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1971. 2 vols. (Yale Studies in the History of Science and Medicine; 7)

Björnbo, Axel Anthon and Heinrich Suter. *Thabits Werk über den Transversalensatz (Liber de figura sectore).* Erlangen: M. Mencke, 1924.

Bolens, Lucie. *Agronomes andalous du moyen âge.* Genève: Droz, 1981. (Etudes et documents/ publiés par le département d'histoire générale de la faculté des lettres de l'Université de Genève; 13)

Brice, William C. (ed.). *An Historical Atlas of Islam.* Leiden: E. J. Brill, 1981.

Brieux, A. et F. Maddison. *Répertoire des facteurs d'astrolabes et de leurs œuvres.* Avec la collaboration de Ludvig Kalus et Yûsuf Râghib. Paris: Editions du CNRS, [sous presse]. 3 vols. 1ème partie: «Islam plus Byzance, Arménie, Géorgie et Inde».

Campano Novarese. *Campanus of Novara and Medieval Planetary Theory: Theorica Planetarum.* Edited with an introduction, english translation and commentary by Francis S. Benjamin and G. J. Toomer. Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1971. (University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 16)

Carandell, J. *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl de Muḥammad Ibn al-Raqqām al-Andalusī.* Barcelona: [n. pb.], 1988.

——— [et al.]. *Instrumentos astronomicos en la España medieval. Su influencia en Europa. Convento de San Francisco, Santa Cruz de la Palma, junio - julio 1985.* Madrid: Ministerio de Cultura, 1985.

Carmody, Francis James. *Arabic Astronomical and Astrological Sciences in Latin Translation: A Critical Bibliography.* Berkeley, Calif.: University of California Press, 1956.

———. *The Astronomical Works of Thābit b. Qurra.* Berkeley, Calif.: University of California Press, 1960.

Chumovski, T. A. *Thalāth rāhmanajāt majhūla li Ahmad b. Mājid.* Texte arabe et traduction russe. Moscou, Leningrad: [n. pb.], 1957.

Comes, M. *Ecuatorios - andalusíes, Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abū-l-Ṣalt.* Barcelona: [n. pb.], 1991.

Copernicus. *De Revolutionibus.* Translated by Charles Glenn Wallis. Chicago, Ill.: [n. pb.], 1952.

Cruz Hernandez, M. *Abū-l-Walīd Ibn Rushd: Vida, obra, pensamiento, influencia.* Córdoba: [n. pb.], 1986.

Dahan, Gilbert (ed.). *Les Juifs au regard de l'histoire: Mélanges en l'honneur de Bernhard Blumenkranz.* Paris: Picard, 1985.

De Astronomia Alphonsi Regis. Barcelona: [n. pb.], 1987.

Deetz, Charles Henry and Oscar S. Adams. *Elements of Map Projection with Applications to Map and Chart Construction.* 5th ed. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1945. (U.S. Coast and Geodetic Survey, Special Publication no. 68)

Dictionary of Scientific Biography. New York: Scribner, 1970 - 1990. 18 vols.

Diophante. *Les Arithmétiques.* Vols. 3 et 4, édition et traduction du texte arabe

par Roshdi Rashed. Paris: Les Belles lettres, 1984. (Collection des universités de France)

Disertaciones y Opúscolos. Madrid: [n. pb.], 1928.

Djebbar, J. «Deux mathématiciens peu connus de l'Espagne du XI[e] siècle: Al-Mu'taman et Ibn Sayyid.» (Paris, Université Paris-Sud, département de mathématique, 1984). (Polycopié).

Dozy, Reinhart Pieter Anne (ed. et tr.). *Description de l'Afrique et de l'Espagne*. Texte arabe pub. pour la première fois d'après les man. de Paris et d'Oxford avec une traduction, de notes et un glossaire par R. Dozy et M. J. de Goeje. Leiden: E. J. Brill, 1866. Réimprimé, Amsterdam: Oriental Press, 1969.

Dubler, César E. and E. Terès. *La «Materia Médica» de Dioscórides: Transmisión medieval y renacentista*. Barcelona: [Tipografía Emporium], 1953 - 1957. 5 vols.

Duhem, Pierre Maurice Marie. *Etudes sur Léonard de Vinci*. Paris: A. Hermann, 1906 - 1913. 3 vols.

———. *Le Système du monde: Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Paris: A. Hermann, 1914-1959. 10 vols.

Encyclopedia Iranica. Edited by Ehsan Yarshater. London: Routledge and Kegan Paul, 1986-1987.

Encyclopédie de l'Islam. 2[ème] éd. Leiden: E. J. Brill, 1960 -. 6 vols. parus.

Estudios sobre Historia de la Ciencia árabe. Editados por Juan Vernet. Barcelona: Instituto de Filología, Institución «Milá y Fontanals», Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1980.

Etudes d'orientalisme dédiées à la mémoire de Lévi-Provençal. Paris: G. - P. Maisonneuve et Larose, 1962. 2 vols.

Al-Farghānī. *Al Farghani Differentie scientie astrorum*. Edited by Francis J. Carmody. Berkeley, Calif.: [n. pb.], 1943.

———. *Alfragano (al-Fargānī) Il 'Libro dell'aggregazione dell stelle'*. Publicato con introduzione e note da Romeo Campani. Città di Castello: S. Lapi, 1910. (Collezione di Opuscoli Danteschi inediti o rari; 87 - 90)

Ferrand, Gabriel. *L'Elément persan dans les textes nautiques arabes des XV[e] et XVI[e] siècles*. Paris: Imprimerie nationale, 1924.

——— (ed.). *Instructions nautiques et routiers arabes et portugais des XV[e] et XVI[e] siècles*. Paris: Geuthner, 1921 - 1928. 3 vols.
Tome I et II: Textes arabes.

Tome III: *Introduction à l'astronomie nautique arabe.*

Fischer, Josef. *Claudii Ptolemæi Geographiæ Codex Urbinus Græcus 82.* Leiden: E. J. Brill, 1932. 3 vols.

García Ballester, Luis. *Historia social de la medicina en la España de los siglos XIII al XVI.* Madrid: Akal, c1976 -. (Colección Textos)
Vol. 1: *La minoría musulmana y morisca.*

———. *Los moriscos y la medicina: Un capítulo de la medicina y la ciencia marginadas en la España del siglo XVI.* Barcelona: Labor, 1984. (Labor Universitaria. Monografías)

García Sánchez, E. (éd.). *Ciencias de la Naturaleza en al-Andalus: Textos y Estudios.* Granada: [n. pb.], 1990.

Gauthier, Léon. *Ibn Rochd (Averroès).* Paris: Presses universitaires de France, 1948. (Les Grands philosophes)

Gerardus. *Theorica planetarum Gerardi.* Edited from 14 copies by Francis J. Carmody. Berkeley, Calif.: [n. pb.], 1942.

Glick, Thomas F. *Irrigation and Society in Medieval Valencia.* Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1970.

Goblot, Henri. *Les Qanats: Une technique d'acquisition de l'eau.* Paris; New York: Mouton, 1979. (Industrie et artisanat; 9)

Goitein, Solomon Dob Fritz. *A Mediterranean Society; the Jewish Communities of the Arab World as Portrayed in the Documents of the Cairo Geniza.* Berkeley, Calif.: University of California Press, 1967.

Goldstein, Bernard Raphael. *The Astronomical Tables of Levi ben Gerson.* New Haven, Conn.: Connecticut Academy of Arts and Sciences, 1974. (Transactions - Connecticut Academy of Arts and Sciences; v. 45)

———. *The Astronomy of Levi ben Gerson.* New York: Springer - Verlag, c1985. (Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 11)

———. *Theory and Observation in Ancient and Medieval Astronomy.* London: Variorum Reprints, 1985. (Variorum Reprint; CS 215)

Grant, Edward (ed.). *A Source Book in Medieval Science.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974. (Source Books in the History of the Sciences)

Grosset - Grange, Henri. *Glossaire du parler maritime arabe, autrefois et aujourd'hui.* [Sous presse, 1992?].

Guichard, Pierre. *Structures sociales «orientales» et «occidentales» dans l'Espagne musulmane.* Paris: Mouton, c1977. (Civilisations et sociétés; 60)

Hamarneh, Sami Khalaf and Glenn Sonnedecker. *A Pharmaceutical View of Abulcasis (al-Zahrāwī) in Moorish Spain, with a Special Reference to the «Adhān»*. Leiden: E. J. Brill, 1963. (Janus, Suppléments; v. 5)

Hartner, Willy. *Oriens, Occidens*. Hildesheim: G. Olms, 1968. (Collectanea; 3)

———. *The Principle and Use of the Astrolabe*. Paris: Société internationale de l'Astrolabe, 1978. (Astrolabica; no. 1)

Al-Hāshimī, 'Ali Ibn Sulaymān. *The Book of the Reasons behind Astronomical Tables = Kitāb fi 'ilal al-zījāt*. Reproduction of the unique arabic text contained in the Bodleian ms. arch. Seld A. 11, with a translation by Fuad I. Haddad and E. S. Kennedy and a commentary by David Pingree and E. S. Kennedy. Delmar, N. Y.: Scholar's Facsimiles and Reprints, 1981. (Studies in Islamic Philosophy and Science)

Haskins, Charles Homer. *Studies in the History of Mediaeval Science*. 2nd ed. Cambridge: Harvard University Press, 1927. Reprinted, New York: Ungar Pub. Co., 1960.

Histoire littéraire de la France. Paris: Imprimerie nationale, 1733 - 1944. 38 vols.

Hoernerbach, Wilhelm. *Deutschland und sein Nachbarländer nach der grossen Geographie des Idrīsī*. Stuttgart: [n. pb.], 1937.

Homenaje a Manuel Ocaña Jiménez. Córdoba: Junta de Andalucia, Consejeria de Cultura, 1990.

Homenaje a Millás - Vallicrosa. Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1954 - 1956. 2 vols.

Homenaje al Prof. Darío Cabanelas O.F.M. con motivo de su LXX aniversario. Granada: [n. pb.], 1987.

Hommage à Georges Vajda. Louvain: [s.n.], 1980.

Honigmann, Ernst. *Die sieben Klimata*. Heidelberg: C. Winter's Universitätsbuchhandlung, 1929.

Ibn Ezra, Abraham ben Meïr. *El libro de los fundamentos de las Tablas astronómicas*. Ed. crítica, con introducción y notas por José Mª. Millás Vallicrosa. Madrid: [n. pb.], 1947.

Ibn Hudhayl al-Andalusī, 'Ali Ibn 'Abd al-Raḥmān. *Gala de caballeros, balsón de paladines*. Edición preparada por María Jesús Viguera. Madrid: Editora Nacional, [©1977]. (Biblioteca de la literatura y el pensamiento hispánicos; 24)

Ibn Luyūn. *Tratado de Agricultura*. Edition et traduction espagnole de J.

Eguaras. Grenade: [s. n.], 1975.

Ibn al-Muthannā, Aḥmad. *El commentario de Ibn al-Muṭannā' a las tablas astronómicas de al- Jwārizmī*. Estudio y edición crítica del texto latino en la versión de Hugo Sanctallensis, por Eduardo Millás Vendrell. Madrid, Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Asociación para la Historia de la Ciencia Española, 1963.

———. *Ibn al-Muthannā's Commentary on the Astronomical Tables of al-Khwārizmī*. Two hebrew versions, edited and translated, with an astronomical commentary by Bernard R. Goldstein. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1967. (Yale Studies in the History of Science and Medicine; 2)

Ibn al-Nadīm, Muḥammad Ibn Isḥāq. *Kitāb al-Fihrist.* Mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller. Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871 - 1872. 2 vols; Traduction anglaise par: Bayard Dodge (ed. and tr.). *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture.* New York: Columbia University Press, 1970. 2 vols. (Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83)

Ibn Rushd. *Kitāb al-Kulliyyāt*. Edition critique par J. M. Forneas et C. Alvares Morales. Madrid: [s. n.], 1987.

Ibn al-Ṣalāḥ, Aḥmad Ibn Muḥammad. *Zur Kritik der Koordinatenüberlieferung im Sternkatalog des Almagest.* Edition et traduction par Paul Kunitzsch. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1975. (Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Philologisch - Historische Klasse; Folge 3, Nr. 94)

Ibn Yūnus. *Le Livre de la grande table hakémite*. Partiellement éditée et traduite en français par Caussin, édition séparée des «Notices et extraits des manuscrits de la bibliothèque nationale». Paris: Imprimerie de la République, an XII (1804).

Al-Idrīsī. *India and the Neighboring Territories in the Kitāb nuzhat al-mushtāq fī-'Khtirāq al-āfāq of al-Sharīf al-Idrīsī*. A translation, with commentary, of the passages relating to India, Pakistan, Ceylon, parts of the Afghanistan and the Andaman, Nicobar and Maldive Islands, etc, by S. Maqbul Ahmad, with a foreword by V. Minorsky. Leiden: E. J. Brill, 1960. (Publications of the De Goeje Fund; 20)

———. *Opus Geographicum.* Sous la direction de l'Instituto Orientali de Naples. Leiden: E. J. Brill, 1970 -.

Jaubert, A. *La Géographie d'Edrisi.* Paris: [s. n.], 1836 - 1840. Réimprimé, Amsterdam: Philo Press, 1975.

Kammerer, Albert (ed. et tr.). *Le Routier de dom Joam de Castro:*

L'Exploration de la Mer Rouge par les Portugais en 1541. Paris: Geuthner, 1936.

Kazemi and R. B. McChesney (eds.). *Islam and Society: Arabic and Islamic Studies in Honor of Bayly Winder*. New York: New York University Press, 1988.

Kazemi, Farhad and R. D. McChesney (eds.). *A Way Prepared: Essays on Islamic Culture in Honor of Richard Bayly Winder*. New York: New York University Press, c1988.

Kennedy, Edward Stewart. *A Commentary upon Bīrūnī's Kitāb Taḥdīd al-Amākin: An 11th Century Treatise on Mathematical Geography*. Beirut: American University of Beirut, 1973.

———. *The Planetary Equatorium of Jamshīd Ghiyāth al-Dīn al-Kāshī (d. 1429): An Edition of the Anonymous Persian Manuscript 75<44b> in the Garrett Collection at Princeton University, Being a Description of Two Computing Instruments: The Plate of Heavens and the Plate of Conjonctions*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1960. (Princeton Oriental Studies; v. 18)

——— and I. Ghanem. *The Life and Work of Ibn al-Shāṭir: An Arab Astronomer of the Fourteenth- Century*. Aleppo: Institute for the History of Arabic Science, 1976.

Kennedy, Edward Stewart and M. H. Kennedy. *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*. Frankfurt, A. M.: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, 1987.

Kennedy, Edward Stewart [et al.]. *Studies in the Islamic Exact Sciences*. Beirut: American University of Beirut, c1983.

Képler. *Gesammelte Werke*. Bd. VII. Edited by M. Caspar. Munich: [n. pb.], 1953.

Al-Khuwārizmī, Muḥammad Ibn Mūsā. *Das Kitāb Sūrat al-Ard des Abū Ga'far Muḥammad Ibn Mūsā al-Huwārizmī*. Ed. Hans von Mžik. Leipzig: Otto Harrassowitz, 1926. (Bibliothek Arabischer Historiker und Geographen; 3 Bd.)

King, David A. *Islamic Astronomical Instruments*. London: Variorum Reprints, 1986.

———. *Islamic Mathematical Astronomy*. London: Variorum Reprints, 1986. (Variorum Reprint; CS 231)

———. *Studies in Astronomical Timekeeping in Islam*. New York: Springer-Verlag, [n. d.].
Vol. 1: *A Survey of Tables for Reckoning Time by the Sun and Stars*.

Vol. 2: *A Survey of Tables for Regulating the Times of Prayer.*

——— and George Saliba (eds.). *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy.* New York: New York Academy of Sciences, 1987. (Annals of the New York Academy of Sciences; v. 500)

Kunitzsch, Paul. *Arabische Sternnamen in Europa.* Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1959.

———. *Der Almagest: Die Syntaxis Mathematica des Claudius Ptolemäus in Arabisch - lateinischer Überlieferung.* Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1974.

———. *Typen von Sternverzeichnissen in Astronomischen Handschriften des Zehnten bis Vierzehnten Jahrhunderts.* Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1966.

Al-Kuwārizmī, Abū 'Abd Allāh Muḥammad Ibn Ahmad. *Liber mafātīh al-olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jūsof al-Kātib al-Khowarezmi.* Edidit et indices adjecit G. Van Vloten. Lugduni-Batavorum: E. J. Brill, 1895. Réimprimé, Leiden: E. J. Brill, 1968.

Lane, Edward William. *The Manners and Customs of the Modern Egyptians.* 3rd ed. London: J. M. Dent and Co.; New York: E. P. Dutton and Co., [1908]. (Everyman's Library, Travel and Topography; no. 315)

Langermann, Y. Tzvi. *The Jews of Yemen and the Exact Sciences.* Jerusalem: [n. pb., n. d.]. In hebrew with an english summary.

Langlès (ed.). *Voyages du chevalier Chardin en Perse, et autres lieux d'orient.* Paris: [s. n.], 1811. 10 vols.

Lech, K. *Geschichte des Islamischen Kultus.* Wiesbaden: Otto Harrassowitz, [n. d.] Bd. 2: *Das Gebet.*

Lemay, Richard Joseph. *Abu Ma'shar and Latin Aristotelianism in the Twelfth Century: The Recovery of Aristotle's Natural Philosophy through Arabic Astrology.* Beirut: American University of Beirut, 1962. (American University of Beirut, Publication of the Faculty of Arts and Sciences, Oriental Series; no. 38)

López, A. C. *Kitāb fī tartīb awqāt al-girāsa wa-l-magrūsāt: Un tratado agrícola andalusí anónimo.* Granada: [n. pb.], 1990.

Maddison, F. and A. J. Turner. *Catalogue of an Exhibition «Science and Technology in Islam» Held at the Science Museum, London, April-August 1976, in Association with the Festival of Islam.* (Unpublished).

Al-Marrākushī, Abū 'Ali al-Hasan Ibn 'Ali. *Traité des instruments astronomiques des arabes composé au treizième siècle par Aboul Hassan Ali du Maroc...* Traduit de l'arabe par J. J. Sédillot et publié par L. A. Sédillot. Paris: Imprimerie royale, 1834 - 1835. 2 vols. Réimprimé, Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften, 1985.

Al- Mas'ūdī. *Kitāb al-tanbīh wa'l-ishrāf.* Edidit M. J. de Goeje. Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1894. Réimprimé, Beyrouth: Khayat, 1965; Traduction française: *Le Livre de l'avertissement et de la révision.* Traduit par Carra de Vaux. Paris: Imprimerie nationale, 1896.

———. *Murūj al - Dhahab (Les Prairies d'or).* Edité et traduit par C. Barbier de Meynard et Pavet de Courteille. Paris: Imprimerie impériale, 1861 - 1917; 1861 - 1930. 9 vols. (Collection d'ouvrages orientaux publiée par la société asiatique)

Mélanges Alexandre Koyré. Paris: Hermann, 1964. 2 vols. (Histoire de la pensée; 12 - 13)
Vol. 1: *L'Aventure de la science.*

Mémoires présentés à l'Institut d'Egypte. Le Caire: [s. n.], 1940.

Mendelsohn, Everett (ed.). *Transformation and Tradition in the Sciences: Essays in Honor of I. Bernard Cohen.* Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1984.

Meyerhof, Max and G. P. Sobhy (eds. and trs.) *The Abridged Version of «The Book of Simple Drugs» of Aḥmad Ibn Muḥammad al-Ghāfiqī by Gregorius Abū'l - Farag (Barhebraus).* Cairo: [n. pb.], 1932 - 1940.

Michel, Henri. *Traité de l'astrolabe.* Préface de Ernest Esclangon. Paris: Gauthier - Villars, 1947. Réimprimé, 1983.

Millás Vallicrosa, José María. *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval.* Barcelona: Institució Patxot, 1931 -. ([Barcelona], Estudis universitaris catalans, série monogràfica; I)

———. *Estudios sobre Azarquiel.* Madrid: Consejo Superior de Investegaciones Científicas, Instituto «Miguel Asín», Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada, 1943 - 1950.

———. *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo.* Madrid: [n. pb.], 1942.

———. *Nuevos estudios sobre historia de la ciencia española.* Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1960.

Miller, Konrad. *Mappæ Arabicæ, Arabische Welt-und Länderkarten.* Stuttgart: Selbstverlag des Herausgebers, 1926 - 1931. 6 vols.

———. *Weltkarte des Arabers Idrisi vom Jahre 1154* (Neudruck des 1928 erschienenen Werkes). Stuttgart: Brockhaus, 1981.

Molina, L. (éd.). *Una descripción anónima de al-Andalus*. Madrid: [n. pb.], 1983.

Moses ben Maimon. *Le Guide des égarés*. Traité de théologie et de philosophie par Moïse ben Maimoun, dit Maïmonide. Publié pour la première fois dans l'original arabe et accompagné d'une traduction française et de notes critiques, littéraires et explicatives par S. Munk. Paris: A. Franck, 1856 - 1866. 3 vols. Réimprimé, Paris: G. - P. Maisonneuve, 1960.

———. *Sanctification of the New Moon*. Translated from the hebrew by S. Gandz, with supplementation and an introduction by J. Obermann, and an astronomical commentary by O. Neugebauer. New Haven, Conn.: Yale University Press, 1956. (His the Code of Maimonides, Book 3, Treatise 8)

Müller, D. H. *Al-Hamdānī's Geographie der Arabischen Halbinsel*. Leiden: [n. pb.], 1884.

Nafis, Ahmad. *Muslim Contribution to Geography*. Lahore: M. Ashraf, [1947].

Nallino, Carlo Alfonso. *Raccolta di scritti editi e inediti*. A cura di Maria Nallino. Roma: Instituto per l'Oriente, 1939 - 1948. 6 vols. (Pubblicazione dell'Instituto per l'Oriente)

Nedkov, Boris. *B'lgariya i c'cednite i zemi prez XII bek spored «geografiyata» na Idrisi*. Sofia: Nauka i Iskustvo, 1960.

Needham, Joseph and Wang Ling (eds.). *Science and Civilisation in China*. Cambridge, Eng.: Cambridge University Press, 1954 -. vol. 3: *Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth*.

Neugebauer, Otto. *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*. Translated with commentary of the latin version. Copenhagen: [n. pb.], 1962.

———. *Astronomy and History: Selected Essays*. New York: Springer - Verlag, c1983.

———. *The Exact Sciences in Antiquity*. 2nd ed. New York: Dover Publications, 1957. Traduction française par P. Souffrin. *Les Sciences exactes dans l'antiquité*. Arles: Actes Sud, 1990.

———. *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. New York: Springer-Verlag, 1975. 3 vols. (Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 1)

North, John David. *Richard of Wallingford: An Edition of His Writings*. Oxford: Clarendon Press, 1976. 3 vols.

Oliver Asín, Jaime. *Historia del nombre «Madrid»*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Miguel Asín, 1959.

Oriente e occidente nel Medioevo: Filosofia e Scienze. Roma: Accademia dei Lincei, 1971.

Pedersen, Olaf. *A Survey of the Almagest*. Odense: Odense Universitetsforlag, 1974. (Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 30)

Peurbach, Georg von. *Theoricæ novæ planetarum*. Nuremberg: Johannes Müller Regiomontanus, 1472. Reproduit dans: Johannes Mueller Regiomontanus. *Joannis Regiomontani Opera Collectanea*. Faksimiledrucke von neun Schriften Regiomontans und einer von ihm gedruckten Schrift seines Lehrers Purback. Zusammengestellt und mit einer Einleitung hrsg. von Felix Schmeidler. Osnabrück: O. Zeller, 1949; 1972.

Philopon, Jean. *Traité de l'astrolabe*. Edité et commenté par A. Segonds. Paris: Société internationale de l'Astrolabe, 1981. (Astrolabica; no. 2)

Plooij, Edward Bernard. *Euclid's Conception of Ratio and His Definition of Proportional Magnitudes as Criticized by Arabian Commentators (Including the Text in Facsimile with Translation of the Commentary on Ratio of Abū 'Abd Allāh Muḥammad Ibn Mu'ādh al-Djajjānī)*. Rotterdam: W. J. van Hengel, [1950].

Poulle, Emmanuel. *Les Instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée: Equatoires et horlogerie planétaire du XIII^e au XVI^e siècle*. Paris: Dröz - Champion, 1980. 2 vols. (Hautes études médiévales et modernes; 42)

Ptolemaues, Claudius. *L'Almageste:* Edition du texte grec par J. L. Heiberg. Leipzig: Teubner, 1898 - 1903; Traduction française par N. Halma. Paris: [s. n.], 1813-1816. Réimprimé, Paris: Hermann, 1927; Edition et traduction allemande de deux versions arabes du catalogue d'étoiles: Claudius Ptolemäus. *Der Sternkatalog des Almagest, Die Arabisch-mittelalterliche Tradition, I, Die Arabischen Übersetzungen*. Edition et traduction de Paul Kunitzsch. Wiesbaden: Otto Harrassowitz, 1986.

———. *Claudii Ptolemæi Geographia*. Edited by C. F. A. Nobbe. Leipzig: [n. pb.], 1843 - 1845. 2 vols. Reprinted in 1 vol. Hildesheim: [n. pb.], 1966.

———. *Le Livre des hypothèses:* Traduction française par N. Halma de la première partie du livre I, *Hypothèses et époques des planètes de Cl. Ptolémée*. Paris: Merlin, 1820; Edition du texte grec de la première partie du livre I et traduction de l'allemand sur l'arabe du livre II par L. Nix, *Claudii Ptolemæi Opera quæ extant omnia*. Leipzig: Teubner, 1907. Vol. II: *Opera Astronomica minora*.

———. *Phaseis:* Traduction française du livre II par N. Halma, *Chronologie de Ptolémée... Apparition des fixes, ou calendrier de Ptolémée*. Paris: Bobée,

1819.

———. *Tables Faciles*. Commentaire de Théon d'Alexandrie sur les tables manuelles astronomiques de Ptolémée, traduit par N. Halma, I - III. Paris: Bobée, 1822 - 1825. Réimprimé, Paris: Blanchard, 1990.

Ptolemy. *Ptolemy's Almagest*. Translated and annotated by G. J. Toomer. New York: Springer - Verlag, 1984.

Puig, Roser. *Los tratados de construcción y uso de la azafea de Azarquiel*. Madrid: Instituto Hispano - Arabe de Cultura, 1987. (Cuadernos de Ciencias; 1)

Raeder, Hans Henning, Elis Strömgren and Bengt Strömgren (eds. and trs.). *Tycho Brahe's Description of His Instruments and Scientific Work, as Given in Astronomiae Insturatae Mechanica*. Kobenhavn: I. Kommission hos E. Munksgaard, 1946.

Rashed, Roshdi. *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*. Paris: Les Belles lettres, 1984. (Collection sciences et philosophie arabes)

Regiomontanus, Johannes Mueller. *Eptoma in Almagestum*. Venice: Johannes Hamman, 1496. Reproduit dans: Johannes Mueller Regiomontanus. *Joannis Regiomontani Opera Collectanea*. Faksimiledrucke von neun Schriften Regiomontans und einer von ihm gedruckten Schrift seines Lehrers Purback. Zusammengestellt und mit einer Einleitung hrsg. von Felix Schmeidler. Osnabrück: O. Zeller, 1949; 1972.

Relaciones de la Península Ibérica con el Magreb (siglos XIII - XVI). Madrid: [n. pb.], 1988.

Rhäticus, Georg Joachim. *Narratio prima*. Edition critique, traduction française, commentaire par H. Hugonnard - Roche et J. P. Verdet, avec la collaboration de M. P. Lerner et A. Segonds. Wroclaw: Ossolineum, 1982. (Studia Copernicana; 20)

Rico - Sinobas, Manuel (ed.). *Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso X de Castilla*. Madrid: Tip de Don E. Aguado, 1863 - 1867. 5 vols.

Rosenfeld, Boris A. *Muhammad Ibn Musa al-Khorezmi*. Moscow: Nauka, 1983.

Ṣā'id Ibn Aḥmad al-Andalusī. *Kitāb Ṭabakāt al-Umam (Livre des catégories des nations)*. Traduction avec notes et indices précédée d'une introduction par Régis Blachère. Paris: Larose, 1935.

Saltzer, W. and Y. Maeyama (eds.). *Prismata: Festschrift für Willy Hartner*. Wiesbaden: Franz Steiner, 1977.

Samsó, Julio. *Estudios sobre Abū Naṣr Manṣūr b. 'Ali b. 'Irāq.* Barcelona: [n. pb.], 1969.

Sarfatti, G. B. *Mathematical Terminology in Hebrew Scientific Literature of the Middle Ages.* Jerusalem: [n. pb.], 1968.

Saunders, Harold N. *All the Astrolabes.* Oxford, Eng.: Senecio Pub. Co., 1984.

Savage-Smith, Emilie. *Islamicate Celestial Globes: Their History, Construction and Use.* With a chapter on icnography by A. P. A. Belloli. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1985. (Smithsonian Studies in History and Technology; no. 46)

Sayili, Aydin Mehmed. *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory.* Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1960. (Publications of the Turkish Historical Society; ser. 7, no. 38)

Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen. Edited by Erna Hilfstein, Pawel Czartoryski and Frank D. Grande. Wroclaw: Ossolineum, 1978. (Studia Copernicana; 16)

Scientific Change. London: Heinemann, 1963.

Sédillot, L.A. *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug Beyg.* Paris: Didot, 1853.

Serjeant, Robert Bertram. *The Portuguese off the South Arabian Coast: Haḍramī Chronicles, with Yemeni and European Accounts of Dutch Pirates off Mocha in the Seventeenth Century.* Oxford: Clarendon Press, 1963.

Serta Gratulatoria in honorem Juan Régulo. La Laguna: [n. pb.], 1985.
Vol. 1: *Filología.*

Sezgin, Fuat. *Geschichte des Arabischen Schrifttums.* Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982. 8 vols.

Vol. 5: *Mathematik.*

Vol. 6: *Astronomie.*

Singer, Charles Joseph [et al.] (eds.). *A History of Technology.* Oxford: Clarendon Press, 1954-1958. 5 vols.

Steinschneider, Moritz. *Die Hebräischen Übersetzungen.* Berlin: [n. pb.], 1983.

Studi orientalistici in onore di G. Levi Della Vida. Rome: [n. pb.], 1956.

Al-Sūfī, 'Abd al-Raḥmān. *Kitāb Suwar al-Kawākib.* Hyderabad: 1953... Traduction française par H. C. F. C. Schjellerup. *Description des étoiles fixes; composée au milieu du dixième siècle de notre ère, par l'astronomie persan 'Abd al-Raḥmān al-Ṣufī.* St. Pétersbourg: Commissionaires de l'Académie

impériale des sciences, 1874. Réimprimé, Frankfurt: [s. n.], 1986.

Suhrāb. *Das Kitāb 'agā'ib al-akālīm as-sab'a des Suhrāb.* Herausgegeben nach dem handschriftlichen Unikum des Britischen Museums in London/ cod. 23379 add., von Hans v. Mžik. Leipzig: Otto Harrassowitz, 1930. (Bibliothek Arabischer Historiker und Geographen, Bd. 5)

Suter, Heinrich. *Die Astronomischen Tafeln des Muḥammed Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Ahmed al-Madjrīṭī und der latein.* Übersetzung des Athelhard von Bath auf grun der vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen... hrsg und Kommentiert von H. Suter. Kobenhavn: A. F. Host and Son, 1914.

———. *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und Ihre Werke.* Leipzig: B. G. Teubner, 1900. (Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Awendungen, 10. hft.)

Swerdlow, Noël M. and Otto Neugebauer. *Mathematical Astromony in Copernicus's De Revolutionibus.* New York: Springer - Verlag, ©1984. 2 vols. (Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 10)

Les Tables alphonsines; avec, les canons de Jean de Saxe. Edition, traduction et commentaire par Emmanuel Poulle. Paris: Centre national de la recherche scientifique, 1984. (Sources d'histoire médiévale)

Tannery, Paul. *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne.* Paris: Gauthier - Villars, 1893.

Textos y Estudios sobre las Fuentes Arabes de la Astronomia de Alfonso X. Barcelona: [n. pb.], 1990.

Thābit Ibn Qurra. *Œuvres d'astronomie.* Texte établi et traduit par Régis Morelon. Paris: Les Belles lettres, 1987.

Tibbetts, Gerald Randall. *Arab Navigation in the Indian Ocean before the Coming of the Portuguese.* London: Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, Sold by Luzac, 1971.

Toomer, G.J. *Revolutions of the Heavenly Spheres.* Chicago, Ill.: Great Books; University of Chicago Press, 1962.

Torre, Esteban. *Averroes y la ciencia médica: La Doctrina anatomofuncional del Colliget.* Madrid: Ediciones del Centro, 1974. (Ciencia y técnica; 21)

Türkische Kunst und Kultur des Osmanischen Zeit. Recklinghausen: Verlag Aurel Bongers, 1985.

Turner, Anthony John. *The Time Museum: Catalogue of the Collection.* General editor Bruce Chandler. Rockford, Ill.: The Museum, 1984.

Vol. 1: *Time Measuring Instruments.*

Tuulio - Tallgren, Oiva Johannes. *Du nouveau sur Idrīsī*. Edition critique, traduction, études par O. J. Tuulio - Tallgren. Helsinki: Imprimerie de la société de littérature finnoise, 1936.

———. *La Finlande et les autres pays baltiques orientaux.* Edition critique du texte arabe, avec facsimilés de tous les manuscrits connus, traduction, étude de la toponymie, aperçu historique, cartes et gravures ainsi qu'un appendice donnant le texte de VII 3 et de VII 5, par O. J. Tuulio - Tallgren et A.M. Tallgren. Helsingforsiae: Societas Orientalis Fennica, 1930.

Twersky, I. *A Maimonides Reader.* New York: [n. pb.], 1972.

Vernet, Juan. *Ce que la culture doit aux arabes d'Espagne.* Traduit de l'espagnol par Gabriel Martinez Gros. Paris: Sindbad, 1985 (La Bibliothèque arabe, collection l'histoire décolonisée); Traduction allemande: *Die Spanisch - arabische Kultur in Orient und Okzident.* Zürich; Munich: [n. pb.], 1984.

———. *La Ciencia en al-Andalus.* Sevilla: [s. n.], 1986.

———. *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval.* Barcelona; Bellaterra: [n. pb.], 1979.

———. *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo de Alfonso X.* Barcelona: [n. pb.], 1981.

——— (éd.). *Nuevos Estudios sobre Astronomía Española en el Siglo de Alfonso X.* Barcelona: Instituto de Filologia, Institución «Milá y Fontanals», Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983.

——— *Textos y Estudios sobre Astronomía Española en el siglo XIII.* Barcelona: Facultad de Filosofia y Letras, Universidad Autónoma de Barcelona, 1981.

Vicaire, M. - H. et B. Blumenkranz (dirs.) *Juifs et Judaïsme de Languedoc.* Toulouse: [s. n.], 1977.

Viladrich, Merce. *El Kitāb al-'amal bi-l-asṭurlāb (Llibre de l'ús de l'astrolabi) d'Ibn al-Samḥ.* Barcelona: [n. pb.], 1986. (Estudi i Traducción)

Villeneuve, Arnaud de. *Aphorismi de gradibus.* Ed. M.R. McVaugh. Granada; Barcelona: [n. pb.], 1975.

Villiers, Alan John. *Sons of Sindbad.* Portway - Bath: Cedric Chivers, 1966.

Villuendas, M. V. *La Trigonometría europea en el siglo XI: Estudio de la obra de Ibn Mu'ādh: El Kitāb maŷhūlāt.* Barcelona: [n. pb.], 1979.

Wiedemann, Eilhard E. *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte.*

Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970. 2 vols. (Collectanea; VI)

Youschkevitch, A. P. *Les Mathématiques arabes (VIII^e - XV^e siècles)*. Paris: Vrin, 1976.

Al-Zarqālluh. *Al-Shakkāziyya - Ibn al-Naqqāsh - Al-Zarqālluh*. Edición, traducción y estudio por Roser Puig. Barcelona: [n. pb.], 1986.

Periodicals

Abbot, Nabia. «Indian Astrolabe Makers.» *Islamic Culture:* vol. 9, no. 1, January 1937.

Alonso, M. A. «Averroes observador de la naturaleza.» *Al-Andalus:* vol. 5, 1940.

Asín Palacios, Miguel. «Avempace Botánico.» *Al-Andalus:* vol. 5, 1940.

Attié, Bachir. «La Bibliographie de *al-Muqni'* d'Ibn Haǧǧāǧ.» *Hespéris-Tamuda:* vol. 19, 1980 - 1981.

———. «Ibn Haǧǧāǧ était-il polyglotte?» *Al-Qanṭara:* vol. 1, 1980.

———. «L'Ordre chronologique probable des sources directes d'Ibn al-'Awwām.» *Al-Qanṭara:* vol. 3, 1982.

———. «L'Origine d'*al-Falāḥa ar-Rūmīya* et du Pseudo-Qusṭūs.» *Hespéris-Tamuda:* vol. 13, fascicule unique, 1972.

Ausejo, E. «Trigonometría y astronomía en el *Tratado del Cuadrante Sennero* (c. 1280).» *Dynamis:* vol. 4, 1984.

Avezac, Macaya de. «Coup d'œil historique sur la projection des cartes de géographie.» *Bulletin de la société de géographie:* vol. 5, no. 5, 1863.

Avi - Yonah, R. S. «Ptolemy vs. al-Bitruji: A Study of Scientific Decision - Making in the Middle Ages.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 35, 1985.

Bagrow, Leo. «A Tale from the Bosphorus: Some Impressions from My Work at the Topkapu Saray Library, Summer 1954.» *Imago Mundi:* vol. 12, 1955.

Barceló, C. et A. Labarta. «Ocho relojes de sol hispano - musulmanes.» *Al-Qanṭara:* vol. 9, 1988.

Barmore, F. E. «Turkish Mosque Orientation and the Secular Variation of the Magnetic Declination.» *Journal of Near Eastern Studies:* vol. 44, 1985.

Beeston, A. F. L. «Idrisi's Account of the British Isles.» *Bulletin of the School of Oriental and African Studies:* vol. 13, 1950.

Bel, A. «Trouvailles archéologiques à Tlemcen: Un cadran solaire arabe.»

Revue africaine: vol. 49, 1905.

Berggren, J. L. «Al-Bīrūnī on Plane Maps of the Sphere.» *Journal for the History fo Arabic Science:* vol. 6, nos. 1 - 2, 1982.

———. «A Comparison of Four Analemmas for Determining the Azimuth of the *Qibla.*» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 4, no. 1, Fall 1980.

———. «The Origins of al-Bīrūnī's Method of the *Zījes* in the Theory of Sundials.» *Centaurus:* vol. 28, 1985.

——— and Bernard Raphael Goldstein (eds.). «From Ancient Omens to Statistical Mechanics: Essays on the Exact Sciences Presented to Asger Aaboe.» *Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium* (Copenhagen): vol. 39, 1987.

Boilot, D. J. «L'Œuvre d'al-Bērūnī: Essai bibliographique.» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire:* vol. 2, 1955.

Boutelle, Marion. «The Almanac of Azarquiel.» *Centaurus:* vol. 12, no. 1, 1967.

Bruin, Fr. «The Fakhri Sextant in Rayy.» *Al-Bīrūnī Newsletter* (Beirut, American University of Beirut): no. 19, April 1969.

Carabeza, J. M. «La Edicion jordana de *al-Muqni'* de Ibn Ḥâŷyaŷ: Broblemas en torno a su autoría.» *Al-Qanṭara:* vol. 11, 1990.

Carandell, J. «An Analemma for the Determination of the Azimuth of the *Qibla* in the *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl* of Ibn al-Raqqām.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften:* Bd. 1, 1984.

———. «Dos cuadrantes solares andalusíes de Medina Azara.» *Al-Qanṭara:* vol. 10, 1989.

———. «Trazado de las curvas de oración en los cuadrantes horizontales en la *Risāla fī 'ilm al-ẓilāl* de Ibn al-Raqqām.» *Dynamis:* vol. 4, 1984.

Carmody, Francis J. «The Planetary Theory of Ibn Rushd.» *Osiris:* vol. 10, 1952.

Caro Baroja, J. «Norias, azudas, aceñas.» *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares:* vol. 10, 1954.

Carra de Vaux (Le Baron). «L'Almageste d'Abū-l-Wéfā' Albūzdjānī.» *Journal asiatique:* 8ème série, tome 19, mai- juin 1892.

Casanova, P. «La Montre du Sultan Noūr ad-Dīn (554 de l'Hégire = 1159 - 1160).» *Syria:* vol. 4, 1923.

Catala, M. A. «Consideraciones sobre la tabla de coordenadas estelares.» *Al-Andalus:* vol. 30, 1965.

Colin, Georges S. «L'Origine des norias de Fès.» *Hespéris:* vol. 16, 1933.

———. «Un nouveau traité grenadin d'hippologie.» *Islamica:* vol. 6, 1934.

Cortabarria Beitia, A. «Deux sources de S. Albert le Grand: Al-Biṭrūjī et al-Battānī.» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire:* vol. 15, 1982.

Dallal, Ahmad. «Al-Bīrūnī on Climates.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 34, 1984.

Debarnot, Marie-Thérèse. «Introduction du triangle polaire par Abū Naṣr b. 'Irāq.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 2, no. 1, May 1978.

Dizer, Muammer. «The Dā'irat al-Mu'addal in the Kandilli Observatory, and Some Remarks on the Earliest Recorded Islamic Values of the Magnetic Declination.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 1, no. 2, November 1977.

Doncel, M. G. «Quadratic Interpolations in Ibn Mu'ādh.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 32, 1982.

Drecker, Joseph. «Das Planisphærium des Claudius Ptolemaeus.» *Isis:* vol. 9, 1927.

Eisler, R. «The Polar Sighting Tube.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 6, 1949.

Garbers, Karl. «Ein Werk Thābit b. Qurra's über ebene Sonnenuhren.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik:* Abt. A, Bd. 4, 1936.

García Sánchez, E. «Al-Ṭignarī y su lugar de origen.» *Al-Qanṭara:* vol. 9, 1988.

———. «El tratado agrícola del granadino al-Ṭignarī.» *Quaderni di Studi Arabi:* vols. 5 - 6, 1987 - 1988.

Goldstein, Bernard Raphael. «The Arabic Version of Ptolemy's *Planetary Hypotheses*.» Reproduction of the entire arabic manuscript, which contains the second part of book I, and a partial english translation. *Transactions of the American Philosophical Society:* vol. 57, part 4, 1967.

———. «The Book of Eclipses of Masha'allah.» *Physis:* vol. 6, 1964.

———. «Ibn Mu'ādh's Treatise on Twilight and the Height of the Atmosphere.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 17, 1977.

———. «Levi ben Gerson: On Instrumental Errors and the Transversal Scale.» *Journal for the History of Astronomy:* vol. 8, 1977.

———. «On the Theory of Trepidation According to Thābit b. Qurra and al-Zarqāllu and Its Implications for Homocentric Planetary Theory.» *Centaurus:* vol. 10, 1964.

———. «The Role of Science in the Jewish Community in Fourteenth Century France.» *Annals of the New York Academy of Sciences:* vol. 314, 1978.

———. «Star Lists in Hebrew.» *Centaurus:* vol. 28, 1985.

———. «The Status of Models in Ancient and Medieval Astronomy.» *Centaurus:* vol. 24, 1980.

———. «The Survival of Arabic Astronomy in Hebrew.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 3, no. 1, Spring 1979.

——— and David Pingree. «Additional Astrological Almanacs from the Cairo Geniza.» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 103, 1983.

———. «Astronomical Computations for 1299 from the Cairo Geniza.» *Centaurus:* vol. 25, 1982.

———. «More Horoscopes from the Cairo Geniza.» *Proceedings of the American Philosophical Society:* vol. 125, no. 2, April 1981.

Grafton, Anthony. «Michael Maestlin's Account of Copernican Planetary Theory.» *Proceedings of the American Philosophical Society:* vol. 117, no. 6, December 1973.

Grant, Edward. «Aristotle, Philoponus, Avempace and Galileo's Pisan Dynamics.» *Centaurus:* vol. 11, no. 2, 1965.

Grosset - Grange, Henri. «Analyse des voyages d'Inde à Malacca.» *Navigation:* vol. 81, 1973.

———. «La Côte africaine dans les routiers nautiques arabes.» *Azania:* (Nairobi, British Institute in Eastern Africa): vol. 13, 1978.

———. «Noms d'étoiles, quelques termes particuliers.» *Arabica:* 1972; 1977 et 1979.

———. «La Science nautique arabe.» *Jeune marine:* nos. 16 à 29 sauf 22, 1977 à 1979.

———. «Une carte nautique arabe au moyen âge.» *Acta Geographica:* vol. 27, 1976.

Hairetdinova. «On Spherical Trigonometry in the Medieval Near East and in Europe.» *Historia mathematica:* vol. 13, 1986.

Hartner, Willy. «The Mercury Horoscope of Marcantonio Michiel of Venice:

A Study in the History of Renaissance Astrology and Astronomy.» *Vistas in Astronomy:* vol. 1, 1955.

———. «Ptolemy, Azarquiel, Ibn al-Shātir and Copernicus on Mercury: A Study of Parameters.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 24, 1974.

———. «Trepidation and Planetary Theories: Common Features in Late Islamic and Early Renaissance Astronomie.» *Accad. Naz. dei Lincei, Fondazione Alessandro Volta, Atti dei Convegni:* vol. 13, 1971.

Hawkins, G. S. and David A. King. «On the Orientation of the Ka'ba.» *Journal for the History of Astronomy:* vol. 13, 1982.

Hermelink, H. «Tabulæ Jahen.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 2, 1964.

Hogendijk, J. P. «Discovery of an 11th-Century Geometrical Compilation: The *Istikmāl* of Yūsuf al-Mu'taman Ibn Hūd, King of Saragossa.» *Historia Mathematica:* vol. 13, 1986.

———. «The Geometrical Parts of the *Istikmāl* of Yūsuf al-Mu'taman Ibn Hūd (11th Century): An Analytical Table of Contents.» (University of Utrecht, Department of Mathematics, Reprint no. 626, November 1990. Reprinted in: *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 41, 1991.

Holmyard, E. J. «Maslama al-Majrīṭī and the Rutbatu'l-Ḥakīm.» *Isis:* vol. 6, no. 18, 1924.

Janin, Louis. «Le Cadran solaire de la Mosquée Umayyade à Damas.» *Centaurus:* vol. 16, no. 4, 1972.

———. «Quelques aspects récents de la gnomonique tunisienne.» *Revue de l'occident musulman et de la Méditerranée:* vol. 24, 1977.

——— and David A. King. «Le Cadran solaire de la Mosquée d'Ibn Ṭūlūn au Caire.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 2, no. 2, November 1978.

———. «Ibn al-Shāṭir's *Ṣandūq al-Yawāqīt:* An Astronomical *«Compendium».»* *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 1, no. 2, November 1977.

Jensen, Claus. «Abū Naṣr Manṣūr's Approach to Spherical Astronomy as Developed in His Treatise *«The Table of Minutes».»* *Centaurus:* vol. 16, no. 1, 1971.

Kennedy, Edward Stewart. «Geographical Latitudes in al-Idrīsī's World Map.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaf-*

ten: Bd. 3, 1986.

———. «Late Medieval Planetary Theory.» *Isis:* vol. 57, no. 189, Fall 1966.

———. «The Lunar Visibility Theory of Ya'qūb Ibn Ṭāriq.» *Journal of Near Eastern Studies:* vol. 27, 1968.

———. «The Sasanian Astronomical Handbook *Zīj-i Shāh* and the Astrological Doctrine of «Transit» *(Mamarr)*.» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 78, 1958.

———. «Spherical Astronomy in Kāshī's Khāqānī Zīj.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften:* Bd. 2, 1985.

———. «A Survey of Islamic Astronomical Tables.» *Transactions of the American Philosophical Society* (N.S.): vol. 46, 1956.

———. «Two Persian Astronomical Treatises by Naṣīr al-Dīn al-Ṭusī.» *Centaurus:* vol. 27, 1948.

——— and David A. King. «Indian Astronomy in Fourteenth - Century Fez: The Versified Zīj of al-Qusunṭīnī.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 6, nos. 1 - 2, 1982.

——— and M. H. Regier. «Prime Meridians in Medieval Islamic Astronomy.» *Vistas in Astronomy:* vol. 28, 1985.

——— and Mardiros Janjanian. «The Crescent Visibility Table in al-Khwārizmī's Zīj.» *Centaurus:* vol. 11, no. 2, 1965.

——— and Marie-Thérèse Debarnot. «Two Mappings Proposed by Bīrūnī.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften:* Bd. 1, 1984.

——— and Victor Roberts. «The Planetary Theory of Ibn al-Shāṭir.» *Isis:* vol. 50, no. 161, September 1959.

——— and Y. Id. «A Letter of al-Bīrūnī: Ḥabash al-Ḥāsib's Analemma for the *Qibla*.» *Historia Mathematica:* vol. 1, 1974.

Keuning, Johannes. «The History of Geographical Map Projections until 1600.» *Imago Mundi:* vol. 12, 1955.

King, David A. «An Analog Computer for Solving Problems of Spherical Astronomy: The *Shakkāzīya* Quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 24, 1974.

———. «Architecture and Astronomy: The Ventilators of Medieval Cairo and their Secrets.» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 104, 1984.

———. «Astronomical Alignments in Medieval Islamic Religious Architec-

ture.» *Annals of the New York Academy of Sciences:* vol. 385, 1982.

———. «The Astronomy of the Mamluks.» *Isis:* vol. 74, no. 274, December 1983.

———. «Al-Bazdawī on the *Qibla* in Early Islamic Transoxiana.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 7, nos. 1 - 2, 1983.

———. «The Earliest Islamic Mathematical Methods and Tables for Finding the Direction of Mecca.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften:* Bd. 3, 1986.

———. «Ibn Yūnus' Very Useful Tables for Reckoning Time by the Sun.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 10, 1973.

———. «Al-Khalīlī's Auxiliary Tables for Solving Problems of Spherical Astronomy.» *Journal for the History of Astronomy:* vol. 4, 1973.

———. «Al-Khalīlī's *Qibla* Table.» *Journal of Near Eastern Studies:* vol. 34, no. 2, April 1975.

———. «Al-Khwārizmī and New Trends in Mathematical Astronomy in the Ninth Century.» *Occasional Papers on the Near East* (New York University, Hagop Kevorkian Center for Near Eastern Studies): vol. 2, 1983.

———. «Mathematical Astronomy in Medieval Yemen.» *Arabian Studies:* vol. 5, 1979.

———. «New Light on the *Zij al-Ṣafā'iḥ* of Abū Ja'afar al-Khāzin.» *Centaurus:* vol. 23, 1980.

———. «The Sacred Direction in Medieval Islam: A Study of the Interaction of Science and Religion in the Middle Ages.» *Interdisciplinary Science Reviews:* vol. 10, 1985.

———. «Some Medieval Values of the *Qibla* at Cordova.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 2, 1978.

———. «A Survey of Medieval Islamic Shadow Schemes for Simple Timereckoning.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften:* Bd. 4, 1987.

———. «Three Sundials from Islamic Andalusia.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 2, no. 2, November 1978.

Kramers, J. H. «La Question Balḫī - Iṣṭaḫrī - Ibn Ḥawqal et l'Atlas de l'Islam.» *Acta Orientalia:* vol. 10, 1932.

Kühne, R. «La *Urjūza fi-l-ṭibb* de Sa'īd Ibn 'Abd Rabbihi.» *Al-Qanṭara:* vol. 1, 1980.

Kunitzsch, Paul. «On the Authenticity of the Treatise on the Composition and Use of the Astrolabe Ascribed to Messahalla.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 31, 1981.

———. «Two Star Tables from Medieval Spain.» *Journal for the History of Astronomy*: vol. 11, 1980.

———. «Zur Stellung der Nautikertexte innerhalb der Sternnomenklatur der Araber.» *Der Islam:* vol. 43, 1967 et vol. 56, 1979.

Langermann, Y. Tzvi. «The Book of Bodies and Distances of Ḥabash al-Ḥāsib.» *Centaurus:* vol. 28, 1985.

Lorch, Richard P. «The Astronomical Instruments of Jābir Ibn Aflaḥ and the *Torquetum*.» *Centaurus:* vol. 20, 1976.

———. «The Astronomy of Jābir Ibn Aflaḥ.» *Centaurus:* vol. 19, no. 2, 1975.

———. «Nāṣr b. 'Abdallāh's Instrument for Finding the *Qibla*.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 6, nos. 1 - 2, 1982.

———. «The *Qibla* - Table Attributed to al-Khāzinī.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 4, no. 2, Fall 1980.

Luckey, P. «Thābit b. Qurra's Buch über die ebenen Sonnenuhren.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik:* Abt. B, Bd. 4, 1937 - 1938.

Makkī, Maḥmūd, 'Alī. «Ensayo sobre las aportaciones orientales en la España Musulmana y su influencia en la formación de la cultura, hispano-árabe.» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos:* vols. 9 - 10, 1961 - 1962 and vols. 11 - 12, 1963 - 1964.

Marín, Manuela. «Ṣaḥāba et ṭābi'ūn dans al-Andalus: Histoire et légende.» *Studia Islamica:* vol. 54, 1981.

Marti, R. et M. Viladrich. «Las tablas de climas en los tratados de astrolabio del manuscrito 225 del *scriptorium* de Ripoll.» *Llull:* vol. 4, 1981.

Martínez, L. «Teorías sobre las mareas según un manuscrito árabe del siglo XII.» *Memorias de la Real Academia de Buenas Letras:* vol. 13, 1971 - 1975.

Menéndez Pidal, Gonzalo. «Mozárabes y asturianos en la cultura de la Alta Edad Media en relación especial con la historia de los conocimientos geográficos.» *Boletín de la Real Academia de la Historia:* vol. 134, 1954.

Mercier, R. «Studies in the Medieval Conception of Precession.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 26, 1976 et vol. 27, 1977.

Meyerhof, Max. «Esquisse d'histoire de la pharmacologie et botanique chez les

musulmans d'Espagne.» *Al-Andalus:* vol. 3, 1935.

Michel, Henri. «L'Astrolabe linéaire d'al-Tūsī.» *Ciel et terre* (Bruxelles): vol. 59, nos. 3 - 4, 1943.

——— et A. Ben - Eli. «Un cadran solaire remarquable.» *Ciel et terre:* vol. 81, 1965.

Millás Vallicrosa, José Mª. «Los primeros tratados de astrolabio en España.» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos:* vol. 3, 1955.

Moody, Ernest A. «Galileo and Avempace: The Dynamics of the Leaning Tower Experiment.» *Journal for the History of Ideas:* vol. 12, no. 2, April 1951.

Morelon, Régis. «Les Deux versions du traité de Thābit b. Qurra *Sur le mouvement des deux luminaires.*» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire:* vol. 18, 1988.

———. «Fragment arabe du premier livre du *Phaseis* de Ptolémée.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 5, nos. 1 - 2, 1981.

Mžik, Hans von. «Idrīsī und Ptolemaus.» *Orientalistische Literaturzeitung:* Bd. 15, 1912.

———. «Ptolemaeus und die Karten der Arabischen Geographen.» *Mitt. d. K. K. geog. Ges. Wien:* Bd. 58, 1915.

Nadvi, Syed Sulaiman. «Some Indian Astrolabe - Makers.» *Islamic Culture:* vol. 9, no. 4, October 1935.

Nallino, Carlo Alfonso. «Il valore metrico del grado di meridiano secondo i geografi arabi.» *Cosmos di Guido Cora:* vol. 11, 1892 - 1893.

———. «Un mappamundo arabo disegnato nel 1579 da 'Alī Ibn Aḥmad al-Sharafī di Sfax.» *Bolletino della Reale Società Geografica Italiana:* vol. 5, no. 5, 1916.

Nau, M. F. «Le Traité sur l'astrolabe: Plan de Sévère Sabokt.» *Journal asiatique:* 9ème série, tome 13, 1899.

Neugebauer, Otto. «An Arabic Version of Ptolemy's Parapegma from the *Phaseis.*» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 91, no. 4, 1971.

———. «The Early History of the Astrolabe: Studies in Ancient Astronomy IX.» *Isis:* vol. 40, no. 121, August 1949.

———. «The Equivalence of Eccentric and Epicyclic Motion According to Apollonius.» *Scripta Mathematica:* vol. 24, 1959.

———. «Mathematical Methods in Ancient Astronomy.» *Bulletin of the*

American Mathematical Society: vol. 54, 1948.

———. «Thābit ben Qurra *«On the Solar Year»* and *«On the Motion of the Eighth Sphere».»* *Proceedings of the American Philosophical Society:* vol. 106, no. 3, June 1962.

Petersen, Viggo M. «The Three Lunar Models of Ptolemy.» *Centaurus:* vol. 14, no. 1, 1969.

Pines, Shlomo. «La Théorie de la rotation de la terre à l'époque d'al-Bīrūnī.» *Journal asiatique:* tome 244, 1956.

Pingree, David. «The Fragments of the Works of al-Fazārī.» *Journal of Near Eastern Studies:* vol. 29, no. 2, April 1970.

———. «The Fragments of the Works of Ya'qūb Ibn Ṭāriq.» *Journal of Near Eastern Studies:* vol. 27, no. 2, April 1968..

———. «The Indian and Pseudo-Indian Passages in Greek and Latin Astronomical and Astrological Texts.» *Viator:* vol. 7, 1976.

———. «The *Liber Universus* of 'Umar Ibn al-Farrukhān al-Ṭabarī.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 1, no. 1, May 1977.

Poch, M. D. «El concepto de *quemazón* en el *Libro de las Cruzes.»* *Awrāq:* vol. 3, 1980.

Poulle, Emmanuel. «Jean de Murs et les tables alphonsines.» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge:* vol. 47, 1980.

———. «Théorie des planètes et trigonométrie au XV^e siècle d'après un équatoire inédit, le sexagenarium.» *Journal des savants:* 1966.

———. «Le Traité d'astrolabe de Raymond de Marseille.» *Studi medievali:* vol. 5, 1964.

Prémare, A. L. de. «Un andalou en Egypte à la fin du XV^e siècle: Abū-l-Ṣalt de Dénia et son épître égyptienne.» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire:* vol. 8, 1964 - 1966.

Puig, Roser. «Ciencia y técnica en la *Iḥāṭa* de Ibn al-Jaṭīb: Siglos XIII y XIV.» *Dynamis:* vol. 4, 1984.

———. «Concerning the *ṣafīḥa shakkāziyya.»* *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften:* Bd. 2, 1985.

———. «Dos notas sobre ciencia hispano - árabe a finales del siglo XIII en la *Iḥāṭa* de Ibn al-Jaṭīb.» *Al-Qanṭara:* vol. 4, 1983.

Rashed, Roshdi. «Problems of the Transmission of Greek Scientific Thought into Arabic: Examples from Mathematics and Optics.» *History of*

Science: vol. 27, 1989.

———. «As - Samaw'āl, al-Bīrūnī et Brahmagupta: Les Méthodes d'interpolation.» *Arabic Sciences and Philosophy:* vol. 1, 1991.

Renaud, H. P. J. «Notes critiques d'histoire des sciences chez les musulmans. I. Les Ibn Bāṣo.» *Hespéris:* vol. 24, 1er - 2e trimestres, 1937.

———. «Notes critiques d'histoire des sciences chez les musulmans. IV. Sur un passage d'Ibn Khaldūn relatif à l'histoire des mathématiques.» *Hespéris:* vol. 31, fascicule unique, 1944.

———. «Trois études d'histoire de la médecine arabe en occident: I. Le Musta'īnī d'Ibn Beklāreš.» *Hespéris:* vol. 10, fascicule II, 1930.

———. «Un chirurgien musulman du royaume de Grenade: Muḥammad Aš-Šafra.» *Hespéris:* vol. 20, fascicules I-II, 1935.

———. «Un chirurgien musulman du royaume de Grenade: Note complémentaire.» *Hespéris:* vol. 27, fascicule unique, 1940.

Richler, B. «Manuscripts of Avicenna's Kanon in Hebrew Translation.» *Koroth:* vol. 8, 1982.

Richter - Bernburg, Lutz. «Al-Bīrūnī's *Maqāla fī tasṭīḥ al-ṣuwar wa tabṭīkh al-Kuwar:* A Translation of the Preface with Notes and Commentary.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 6, 1982.

Roberts, Victor. «The Solar and Lunar Theory of Ibn ash-Shāṭir: A Pre-Copernican Copernican Model.» *Isis:* vol. 48, no. 154, December 1957.

Rodgers, R. H. «¿Yūniyūs o Columela en la España Medieval?» *Al-Andalus:* vol. 43, 1978.

Rodríguez Molero, F. X. «Originalidad y estilo de la Anatomía de Averroes.» *Al-Andalus:* vol. 15, 1950.

Rosińska, Grażyna. «Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī and Ibn al-Shāṭir in Cracow?» *Isis:* vol. 65, no. 227, June 1974.

Ruska, Julius. «Neue Bausteine zur Geschichte der Arabischen Geographie.» *Geographische Zeitschrift:* Bd. 24, 1918.

Saliba, George. «Arabic Astronomy and Copernicus.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften:* Bd. 1, 1984.

———. «Ibn Sīnā and Abū 'Ubayd al-Jūzjānī: The Problem of the Ptolemaic Equant.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 4, no. 2, Fall 1980.

———. «The First Non - Ptolemaic Astronomy at the Maraghah School.» *Isis:*

vol. 70, no. 254, December 1979.

———. «The Original Source of Quṭb al-Dīn al-Shīrāzī's Planetary Model.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 3, no. 1, Spring 1979.

———. «Theory and Observation in Islamic Astronomy: The Work of Ibn al-Shāṭir of Damascus (d. 1375).» *Journal for the History of Astronomy:* vol. 18, 1987.

Samsó, Julio. «Astrology, Pre-Islamic Spain and the Conquest of al-Andalus.» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos:* vol. 23, 1985 - 1986.

———. «Astronomica Isidoriama.» *Faventia:* vol. 1, 1979.

———. «Dos colaboradores científicos musulmanes de Alfonso X.» *Llull:* vol. 4, 1981.

———. «The Early Development of Astrology in al-Andalus.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 3, no. 2, Fall 1979.

———. «Ibn Hishām al-Lajmī y el primer jardín botánico en al-Andalus.» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos en Madrid:* vol. 21, 1981 - 1982.

———. «Maslama al-Majrīṭī and the Alphonsine Book on the Construction of the Astrolabe.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 4, no. 1, Fall 1980.

———. «Notas sobre la trigonometría esférica de Ibn Mu'ād.» *Awrāq:* vol. 3, 1980.

——— et J. Martínez Gázquez. «Algunas observaciones al texto del Calendario de Córdoba.» *Al-Qanṭara:* vol. 2, 1981.

——— et M. A. Catala. «Un instrumento astronómico de raigambre zarqālī: El cuadrante shakkāzī de Ibn Ṭībugā.» *Memorias de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona:* vol. 13, 1971 - 1975.

Sarton, G. «Early Observations of the Sun-Spots?» *Isis:* vol. 37, 1947.

Schoy, Karl. «Abhandlung des al-Ḥasan Ibn al-Ḥasan Ibn al-Haitham (alhazen) über die Bestimmung der Richtung der *Qibla*.» *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft:* Bd. 75, 1921.

———. «Abhandlung von al-Faḍl b. Ḥātim al-Nayrīzī über die Richtung der *Qibla*.» *Sitzungsberichte der math. - phys. Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München:* 1922.

———. «Sonnenuhren der Spätarabischen Astronomie.» *Isis:* vol. 6, 1924.

Seco de Lucena Paredes, L. «El ḥāŷib Riḍwān, la madraza de Granada y las

murallas del Albayzín.» *Al-Andalus:* vol. 21, 1956.

Sédillot, L. A. «Mémoire sur les instruments astronomiques des arabes.» *Mémoires de l'académie royale des inscriptions et belles-lettres de l'institut de France:* vol. 1, 1844.

Stern, S. M. «A Letter of the Byzantine Emperor to the Court of the Spanish Umayyad Caliph al-Ḥakam.» *Al-Andalus:* vol. 26, 1961.

Swerdlow, Noël M. «Aristotelian Planetary Theory in the Renaissance: Giovanni Battista Amico's Homocentric Spheres.» *Journal for the History of Astronomy:* vol. 3, 1972.

———. «The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory: A Translation of the *Commentariolus* with Commentary.» *Proceedings of the American Philosophical Society:* vol. 117, no. 6, December 1973.

Tekeli, S. «(The) *Equatorial Armilla* of Iz(z) al-Din b. Muhammad al-Wafa'i and (the) *Torquetum.*» *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih - Cojrafya Fakültesi Dergisi:* vol. 18, 1960.

Terès, E. «'Abbās b. Firnās.» *Al-Andalus:* vol. 25, 1960.

———. «Ibn al-Šamir, poeta astrólogo en la corte de 'Abd al-Raḥmān II.» *Al-Andalus:* vol. 24, 1959.

Thorndike, Lynn. «Sexagenarium.» *Isis:* vol. 42, 1951.

Toomer, G. J. «Prophatius Jadaeus and the Toledan Tables.» *Isis:* vol. 64, no. 223, September 1973.

———. «The Solar Theory of az-Zarqāl: A History of Errors.» *Centaurus:* vol. 14, no. 1, 1969.

———. «A Survey of the Toledan Tables.» *Osiris:* vol. 15, 1968.

Torres Balbás, Leopoldo. «Las norias fluviales en España.» *Al-Andalus:* vol. 5, 1940.

Ünver, A. S. «Osmanli Türkerinde İlim Tarihinde Muvakkithaneler.» *Atatürk Konferenslari:* vol. 5, 1975.

Vernet, Juan. «Astrología y política en la Córdoba del siglo X.» *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos:* vol. 15, 1970.

———. «La Supervivencia de la astronomía de Ibn al-Bannā.» *Al-Qanṭara:* vol. 1, 1980.

Viladrich, Merce. «On the Sources of the Alphonsine Treatise Dealing with the Construction of the Plane Astrolabe.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 6, 1982.

———. «Dos capítulos de un libro perdido de Ibn al-Samḥ.» *Al-Qanṭara:* vol. 7, 1986.

Wieber, Reinhard. «Überlegungen zur Herstellung eines Seekartogramms anhand der Angaben in den Arabischen Nautikertexten.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 4, no. 1, Fall, 1980.

Wiedemann, Eilhard E. and J. Frank. «Die Gebetszeiten im Islam.» *Sitzungsberichte der Physikalisch - medizinischen Sozietät in Erlangen:* Bd. 58, 1926.

——— and Th. W. Juynboll. «Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument.» *Acta Orientalia:* Bd. 5, 1927.

Würschmidt, J. «Die Zeitrechnung im Osmanischen Reich.» *Deutsche Optische Wochenschrift:* 1917.

Conferences

Actas de las Jornadas de Cultura Arabe e Islámica (1978). Madrid: [n. pb.], 1981.

Actas de las II Jornadas de Cultura Arabe e Islámica. Madrid: [n. pb.], 1985.

Actas del II Coloquio Hispano-Tunecino de Estudios Históricos. Madrid: [n. pb.], 1973.

Actas del XII Congreso de la U.E.A.I. Madrid: [n. pb.], 1986.

Actas del XII Congresso Internazionale de Filosofia XI. Florence: [n. pb.], 1960.

Actes du Xe Congrès international d'histoire des sciences. Paris: [s. n.], 1964.

Colloquia Copernicana. Wroclaw: Ossolineum, 1975. (Studia Copernicana; 13)

Dizer, Muammer (ed.). *Proceedings of the International Symposium on the Observations in Islam, Istanbul, 19-23 September 1977.* Istanbul: [n. pb.], 1980.

International Astronomical Union, Colloquium (91st: 1985: New Delhi, India). *History of Oriental Astronomy.* Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1987.

Premier colloque international sur l'histoire des mathématiques arabes. Alger: [s. n.], 1988.

Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science... 1976. Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1978.

Proceedings of the XVIth International Congress for the History of Science. Bucharest: [n. pb.], 1981.

Sabra, A. I. (ed.). *Proceedings of the Conference on Islamic Intellectual History, Harvard University, May 1988.*

Segundo Congreso Internacional de Estudios sobre las Culturas del Mediterráneo Occidental. Barcelona: [n. pb.], 1978.

Seminar on Early Islamic Science, University of Manchester, 1, 1976.

Theses

Carabeza, J. M. «Aḥmad b. Muḥammad b. Ḥaÿÿāÿ al-Ishbīlī: Introduccion, estudio y traduccion, con glosario.» (Unpublished Ph. D. Thesis, University of Granada, 1988).

Cárdenas, A. J. «A Study and Edition of the Royal Scriptorium Manuscript of *El Libro del Saber de Astrologia* by Alfonso X, el sabio'.» (Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin, 1974). 3 vols. (University Microfilms, Ann Arbor).

Irani, Rida A. K. «The *Jadwal at-Taqwīm* of Ḥabash al-Ḥāsib.» (Unpublished M. A. Dissertation, American University of Beirut, 1956).

Ragep, Faiz Jamil. «Cosmography in the Tadhkira of Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī.» (Unpublished Doctoral Dissertation, Harvard University, Department of History of Sciences, 1982).

Swerdlow, Noël M. «Ptolemy's Theory of the Distances and Sizes of the Planets: A Study of the Scientific Foundations of Medieval Cosmology.» (Doctoral Dissertation, Yale University, 1968). (University Microfilms International 69-8442).

علي مولا

هذا الكتاب

منذ أن رأى تاريخ العلوم النور كحقل معرفة في القرن الثامن عشر آخذاً مكانه في القلب من «فلسفة التنوير»، لم ينقطع اهتمام فلاسفة ومؤرخي العلوم بالعلم العربي وتوسلهم لدراسته، أو لدراسة بعض فصوله على الأقل. فعلى غرار كوندورسيه، رأى بعضهم في العلم العربي استمراراً لتقدم «الأنوار» في فترة هيمنت فيها «الخرافات والظلمات»؛ أما بعضهم الآخر مثل مونتوكلا خاصة، فقد اعتبر دراسته ضرورة لا لرسم اللوحة التاريخية الإجمالية لتطور العلوم فحسب، بل لتثبيت وقائع تاريخ كل من الفروع العلمية أيضاً. لكن الفلاسفة والمؤرخين لم يتلقوا من العلم العربي سوى أصداء حملتها إليهم الترجمات اللاتينية القديمة.

من هنا، فإن هذا الكتاب قد صمم وحقق لكي يكون لبنة في صرح كتابة تاريخ العلم العربي بشكـل موثق توثيقاً كاملاً. إنه في الواقع تركيب أول لم ينفذ مطلقاً من قبل على هذا الشكل. لقد أضحى هذا التركيب ممكناً اليوم نتيجة الأبحاث التي ما زالت تتراكم منذ القرن المنصرم، والتي نشطت بدءاً من خمسينيات القرن الحالي. وقد التمسنا إسهامات ذوي الاختصاص في كل من الفصول الثلاثين التي تؤرخ لأصناف العلوم العربية وتوثق لها بالصور والجداول. ويشكل هؤلاء فريقاً دولياً من الاختصاصيين، من أوروبا وأمريكا والشرق الأوسط وروسيا لإنجاز هذا الكتاب على نحو مرجعي حق يغطي مجالات مختلفة كالفلك والرياضيات والبصريات والطب والموسيقى والملاحة والمؤسسات العلمية. إن القارىء سيجد نفسه أمام كتاب في تاريخ العلم على امتداد حوالى سبعة من القرون.

وتشتمل موسوعة تاريخ العلوم العربية على ثلاثة أجزاء:

الجزء الأول : **علم الفلك النظري والتطبيقي.**

الجزء الثاني : **الرياضيات والعلوم الفيزيائية.**

الجزء الثالث: **التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة.**

مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «سادات تاور»، شارع ليون، ص. ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣
الحمراء ـ بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ ـ لبنان

تلفون: ٨٦٩١٦٤ ـ ٨٠١٥٨٢ ـ ٨٠١٥٨٧

برقياً: «مرعربي» ـ بيروت

فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)

e-mail: info@caus.org.lb

Web site: http://www.caus.org.lb

علي مولا

الطبعة الثانية

ثمن الاجزاء الثلاثة

٣٠ دولاراً أو ما يعادلها



ISBN 9953-450-71-4





مركز دراسات الوحدة العربية

مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

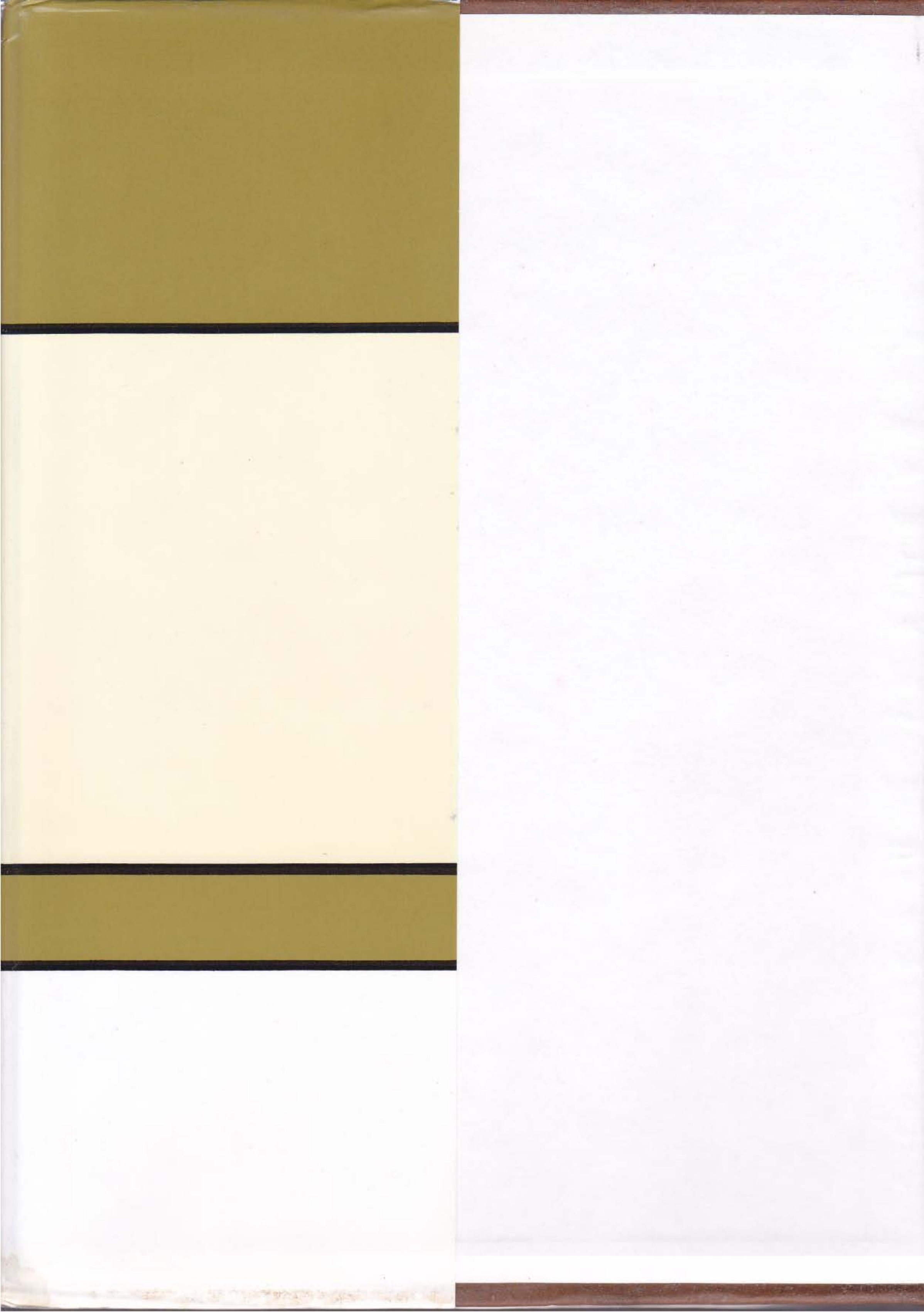
الجزء الثاني

الرياضيات والعلوم الفيزيائية

الرياضيات العددية • الجبر • الهندسة • المثلثات • الرياضيات التحليلية

الموسيقى • الستاتيكا • المناظر والبصريات

إشراف : رشدي راشد





مركز دراسات الوحدة العربية



مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الثاني

الرياضيات والعلوم الفيزيائية

الرياضيات العددية • الجبر • الهندسة • المثلثات • الرياضيات التحليلية
الموسيقى • الستاتيكا • المناظر والبصريات

إشراف : رشدي راشد

موسوعة
تاريخ العلوم العربية

الجزء الثاني

الرياضيات والعلوم الفيزيائية

تم ترجمة هذه الموسوعة إلى العربية ونشرها

بدعم من المؤسسة الثقافية العربية

ومن مؤسسة عبد الحميد شومان





مركز دراسات الوحدة العربية

مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الثاني

الرياضيات والعلوم الفيزيائية

الرياضيات العددية • الجبر • الهندسة • المثلثات • الرياضيات التحليلية

الموسيقى • الستاتيكا • المناظر والبصريات

إشراف : رشدي راشد

بمعاونة : ريجيس مورلون

الفهرسة أثناء النشر ـ إعداد مركز دراسات الوحدة العربية
موسوعة تاريخ العلوم العربية/ إشراف رشدي راشد، بمعاونة ريجيس مورلون.
٣ ج. ـ (سلسلة تاريخ العلوم العربية؛ ٤)
يشتمل على فهارس.
ISBN 9953-450-72-2 (Vol. 2)
ISBN 9953-450-74-9 (Set)
محتويات: ج ١. علم الفلك النظري والتطبيقي. ـ ج ٢. الرياضيات والعلوم الفيزيائية. ـ ج ٣. التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة.
١. العلوم عند العرب ـ الموسوعات. أ. راشد، رشدي (مشرف). ب. مورلون، ريجيس (مشرف). ج. السلسلة.
503

مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «سادات تاور» شارع ليون ص.ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣
الحمراء ـ بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ ـ لبنان
تلفون: ٨٦٩١٦٤ ـ ٨٠١٥٨٢ ـ ٨٠١٥٨٧
برقياً: «مرعربي» ـ بيروت
فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)

e-mail: info@caus.org.lb
Web Site: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى: بيروت، ١٩٩٧
الطبعة الثانية: بيروت، شباط/ فبراير ٢٠٠٥

المحتـــويـــات

الجــزء الــثــانــي
الرياضيات والعلوم الفيزيائية

ـ ١٠ ـ

الأعداد وعلم الحساب

أحمد سعيد سعيدان(*)

تعود أوائل الأعمال التي كتبت بالعربية في علم الحساب، إلى محمد بن موسى الخوارزمي في القرن التاسع للميلاد. وهي عبارة عن رسالتين صغيرتين: الرسالة الأولى لم تصل إلينا إلا عبر ترجمتها اللاتينية(١)، أما الثانية وعنوانها **الجمع والتفريق** فمشار إليها في المراجع العربية(٢)، وقد ورد ذكرها في أحد الأعمال العربية(٣) في الحساب. وأولى الكتابات العربية في علم الحساب والتي وصلتنا سليمة هي من أعمال أحمد بن إبراهيم الإقليدسي من القرن العاشر للميلاد(٤). في هذا العمل يناقش المؤلف نظاماً هندياً للحسابات، كما يرجع إلى نظامين آخرين: الحساب الإصبعي والنظام الستيني. إنّ هذه النظم الثلاثة، إضافة إلى عِلم الحساب اليوناني ـ الذي يحتوي في الواقع بدايات نظرية

(*) متوفى، كان أستاذاً في جامعة الأردن ـ عمان.

قام بترجمة هذا الفصل نقولا فارس.

(١) انظر: Kurt Vogel, *Mohammed Ibn Musa Alchwarizmi's Algorismus: Das Früheste Lehrbuch zum Rechnen mit indischen Ziffern* (Aalen: Otto Zeller Verlagsbuchhandlung, 1963)

(انظر: الفصل الذي كتبه أندريه آلار (André Allard)، ملحوظة الناشر).

(٢) أبو الفرج محمد بن إسحق بن النديم، **الفهرست**. هناك طبعات عديدة من هذا المؤلف، والتي استخدمناها هنا طبعة قديمة غير مؤرخة منشورة في القاهرة.

(٣) انظر: أبو منصور عبد القاهر بن طاهر البغدادي، **التكملة في الحساب مع رسالة في المساحة**، تحقيق أحمد سليم سعيدان (الكويت: معهد المخطوطات العربية، ١٩٨٥).

(٤) أبو الحسن أحمد بن إبراهيم الإقليدسي، **الفصول في الحساب الهندي**، تحقيق أحمد سعيد سعيدان، تاريخ علم الحساب العربي؛ ٢، ط ٢ (حلب: جامعة حلب، معهد تاريخ العلوم العربية، ١٩٨٦)، ص ٣٤٩. الترجمة الإنكليزية:

Abu al-Hassan Ahmed Ibn Ibrahim al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdisī*, english translation by Ahmad S. Saīdan (Dordrecht; Boston: D. Reidel, 1978).

الأعداد ـ شكّلت العناصر الأساسية لعِلم الحساب، وأفسحت المجال لامتزاجات ولتطورات لاحقة.

النظام الستيني

يُشار إلى هذا النظام، في الأعمال العربية، على أنه النظام الحسابي لعلماء الفلك، الذي يحوي القِسم الأكبر مِن العمليات الحسابية في النظام الستيني. وهذا النظام ينحدر من قدماء البابليين وقد وصل إلى العالم العربي عبر أقنية سريانية وفارسية. وليس لدينا أعمال سابقة مكرسة لهذا النظام، لكننا نجده حاضراً في كل الأعمال الحسابية ممزوجاً مع أحد، أو مع كلا النظامين، الهندي أو الإصبعي. أما في الأعمال اللاحقة فلا يوجد إلا في مظهره الحسابي البحت ومن دون ما يشير إلى تطوراته العربية. ويعتبره الاختصاصيون حالياً أكثر ملاءمة من النظام العشري فيما يتعلق بالحسابات الفلكية في القرون الوسطى. ولكنه الآن أضحى خارج التداول عامة إلا فيما خص أجزاء الساعة أو درجات الزوايا.

الحساب الإصبعي

يسمى هذا النظام في الأعمال العربية حساب «الروم» (أي البيزنطيين) والعرب. ونجهل تاريخ وكيفية دخوله إلى العالم العربي. لكن بالإمكان الافتراض بأن التجار والباعة العرب، حتى قبل الإسلام، قد تعلموا من جيرانهم العدّ بواسطة الأصابع. ونجد في بعض الأحاديث الشريفة ما يشير إلى استخدام الرموز الإصبعية للإشارة إلى الأعداد مما ميّز هذا النظام.

إنه نظام يعتمد الذاكرة أساساً، ليس فيه من صعوبة فيما يتعلق بعمليتي الجمع أو الطرح. لكن عمليات الضرب والقسمة وإقامة النسب ترتدي، بالمقابل، صعوبات وتعقيدات أكبر بكثير؛ وحول هذه العمليات تدور أغلب الأعمال المتعلقة بهذا النظام. وبالنسبة إلى الضرب، نجد عروضاً عديدة تدور غالبيتها حول الوسائل السريعة التي ما برحت تستعمل إلى الآن. أما بالنسبة إلى حسابات النسب والقسمة فقد استخدمت الطريقة المعروفة بطريقة «الوضعية الخاطئة» أو «الوضعية المزدوجة الخاطئة»[٥]. مما يستدعي مبدأ الاستكمال الخطي (الداخلي) (Interpolation Linéaire). أما استئصال الجذور التربيعية فقد كان يتم بوسائل تقريبية غير متقنة.

والاحتساب في هذا النظام كان يجري ذهنياً. لكن ذلك يستدعي حِفظ بعض النتائج الوسيطة. وهذا ما كان يقوم به المحتسب بواسطة طي أصابع يديه في وضعيات مختلفة

---

(٥) «قاعدة الخطأين». (المترجم).

تسمح بتمثيل الأعداد من ١ إلى ٩٩٩٩. هذه الوضعيات المختلفة موجودة في «حساب» الإقليدسي[٦]. تسمى هذه الوضعيات «العقود» (نسبة إلى عقد الإصبع)، وامتداداً، سُمِي هذا النظام «حساب العقود».

والأعداد في هذا النظام تتمثل بأحرف عربية مأخوذة حسب ترتيب يقال له «الجُمَّل» مما أعطى لهذا النظام اسماً آخر: «حساب الجُمَّل». والجدول التالي يورد الأحرف الأبجدية العربية في هذا النظام، يقابل كل منها العدد الذي يُمثِله:

ا	1	A	ح	8	H	س	60	S	ت	400	T
ب	2	B	ط	9	I	ع	70	O	ث	500	U
جـ	3	C	ي	10	J	ف	80	P	خ	600	V
د	4	D	ك	20	K	ص	90	Y	ذ	700	Z
هـ	5	E	ل	30	L	ق	100	Q	ض	800	W
و	6	F	م	40	M	ر	200	R	ظ	900	I’
ز	7	G	ن	50	N	ش	300	X	غ	1000	O’

الجدول رقم (١٠ ـ ١)

وهكذا، من أجل تمثيل العدد ١١١١ نكتب «غقيا»؛ والعدد ٢٠٠٠ يتمثل كتابياً بـ«بغ» والعدد ١٠٠٠٠٠٠ بـ«غغ». فيمكننا بالتالي، نظرياً، كتابة كل الأعداد في هذا النظام.

لكننا لا نصادف الأعداد الكبيرة في الأعمال التي وصلتنا حول هذا النظام، لأن هذه الأعمال تستخدم بشكل واسع النظام الستيني لهذه الغاية، وتتداول بالتالي الأحرف من أ إلى ن.

ويتغير ترتيب نظام الجُمَّل في الغرب الإسلامي، لكن هذا التغير لا يطال سوى الأحرف التي تلي النون مما لا يؤثر في كتابة السُلم الستيني.

ويعود العمل الأقدم الذي نعرفه حول نظام الجُمَّل لأبي الوفاء البوزجاني (القرن العاشر)[٧]. وبعده بقليل نجده عند الكرجي في **الكافي في الحساب**[٨]. وليس هناك من

---

(٦) انظر: المصدر نفسه.

(٧) عنوان هذا المؤلف هو **فيما يحتاج إليه الكُتاب من علم الحساب**. ويُلقب بكتاب **المنازل السبع** لأنه يحتوي على سبعة فصول. انظر: أبو الوفاء محمد بن محمد البوزجاني، حساب اليد: **تحقيق لكتاب المنازل السبع**، نشر أحمد سليم سعيدان، تاريخ علم الحساب العربي؛ ج ١ (عمان: [د.ن.]، ١٩٧١).

(٨) الكرجي المعروف أيضاً تحت اسم الكَرْخي، متوفى حوالى عام ١٠١٦. انظر: أبو بكر محمد بن الحسن الكرخي، **الكافي في الحساب**، شرح وتحقيق سامي شلهوب، مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٥ (حلب: جامعة حلب، معهد تاريخ العلم العربي، ١٩٨٦)، مع ترجمة ألمانية.

عمل جدي آخر تناول هذا النظام الذي بدأ استعماله يتضاءل مع التوسع في استخدام النظام الهندي، بحيث لم يبق منه سوى وسائل عملية في القسمة والضرب إضافة إلى مفهوم عربي في الكسور.

وقد وصل النظام الإصبعي إلى الناطقين بالضاد عبر الشعوب ذات اللغة السريانية أساساً حسب ما نستنتجه من أعمال أبي الوفاء والكرجي. وعلى الرغم من ذلك نجد هذا النظام يتلاءم جيداً مع إمكانات اللغة العربية، وخاصة فيما يتعلق بالكسور. فاللغة العربية تحوي تسعة ألفاظ فقط للتعبير عن الكسور التي صورتها الواحد: $\frac{١}{٢}$ ، $\frac{١}{٣}$، . . . $\frac{١}{١٠}$. وهي «الكسور» الوحيدة في هذا النظام، كل منها هو «كَسْر». نشير إلى أن كلاً من $\frac{٣}{٤}$، $\frac{٢}{٣}$، . . . هو «كسور» (جمع كسر). بينما $\frac{١}{١٥}$ يعبر عنه كجزء من ١٥، ويُستبدل في الحسابات بـ $\frac{١}{٣} \times \frac{١}{٥}$. أما الكسور التي تحوي أعداداً غير الأعداد ٢، ٣، ٥، ٧ مثل $\frac{١}{١١}$ و $\frac{٣}{١٣}$ فكانت تعتبر «صماء»، يتوجب تحويلها بواسطة التقريب إلى الكسور المعروفة «المُنطَقة». وقد كرس أبو الوفاء في حسابه العديد من الصفحات من أجل تقديم أفضل الطرق لتحويل هذه «الأجزاء» إلى كسور. والطريقة الأساس لذلك كانت استخدام السلم الستيني. فالكسر $\frac{٧}{١٥}$ يكتب مثلاً:

$$\frac{٧}{١٥} = \frac{٧}{١٥} \times ٦٠^\circ = ٢٨' = ٢٠' + ٨' = \frac{١}{٣} + \frac{١}{٥} \times \frac{٢}{٣}.$$

نشير هنا إلى أن الكسر الوحيد المقبول ذا الصورة التي تختلف عن الواحد هو $\frac{٢}{٣}$. هذه الطريقة تسهل الحسابات العملية، ولكنها تمثيل ساذج غير رياضي وغير قابل للتعميم.

وتوجد عدة أنظمة للكسور في النظام الإصبعي، أهمها السلم الستيني: الدرجة الثانية. . . . لكن أي نظام قياس للأطوال أو المساحات أو الأحجام أو للعمليات التجارية من شأنه استدعاء الكسور. فإذا كان الدرهم يساوي ٢٤ قيراطاً فإن القيراط يساوي $\frac{١}{٢٤}$ من الدرهم.

هذه الأنظمة قد اختفت. وظهر المفهوم العام للكسر $\frac{a}{b}$ في العصر الإسلامي مع توسع وانتشار النظام الهندي. لكن الميل للتعبير عن الكسر $\frac{١}{١٥}$ بـ $\frac{١}{٣} \times \frac{١}{٥}$ مثلاً قد عاش طويلاً حيث ما زال يستخدم من قبل غير المتعلمين إلى أيامنا.

النظام الهندي

ندين لهذا النظام بالكثير فيما يخص التمثيل الكتابي العادي للأعداد. ويبدو أنه سابق للقرن التاسع وهو القرن الذي كتب فيه الخوارزمي. ففي القرن السابع للميلاد، وفي دير كِنشر على الفرات، عاش أسقف عالم اسمه سفيروس سبوخت. وقد كتب هذا الأسقف في مواضيع عدة. وفي بعض المقاطع من كتاباته التي وصلتنا والمؤرخة في العام ٦٦٢م، يعبر عن إعجابه بالهندوس مقارنة مع الإغريق على الشكل التالي:

«لن أتحدث عن علم الهندوس... عن اكتشافاتهم الحذقة،... الاكتشافات الأكثر براعة من تلك العائدة للإغريق أو للبابليين؛ عن طرقهم الحسابية القيمة وعن براجهم الحسابية التي تفوق كل تصور. لكنني أشير فقط إلى أن هذه الحسابات تجري فقط بواسطة تسعة رموز»(٩).

ومن المحتمل أن يكون هذا النظام قديم جداً وأن يكون قد ولد في الهند ووصل إلى سوريا عبر التجارة. إلا أننا لا نجد في الكتابات الهندية السابقة للخوارزمي ما يشير إلى هذا النظام.

ويعود الفضل للإقليدسي في وصف عملية تستحق (على الأقل للوهلة الأولى) أن يُشار إليها: لقد كان العمل يتم بواسطة الغبار أو الرمل، يرشه الكاتب على لوحة، ثم يرسم فوقه، بإصبعه أو بقضيب صغير منحنٍ، الأرقام التي يحتاج إليها. ومن ثم يمحو هذه الأرقام مستبدلاً إياها بالتتابع وحسب الحاجة بأعداد أخرى إلى أن لا يبقى في النهاية سوى النتيجة النهائية للعملية الحسابية المطلوبة.

هذه اللوحة تحمل التسمية الفارسية «التخت». وهذا لا يعني كون العرب قد اقتبسوا هذا النظام من بلاد فارس. فقد يكون وصلهم عبرها أو عبر أحد الفرس من أوائل الذين استخدموه. ومهما يكن من أمر، فإن هذه الأمور المتعلقة باللغة هي من التعقيد بحيث لا تدع مجالاً لاستنتاج مؤكد. إلا أن ما يهمنا هنا هو أن الذين اقتبسوا هذا النظام وأدخلوه إلى العالم العربي قد أسموه النظام «الهندي».

يتميز هذا النظام بقدرته على تمثيل أي عدد، مهما كان كبيراً بواسطة أرقام تسعة إضافة إلى الصفر، في السُلم العشري الذي كان يُستخدم في الحياة اليومية. ويتم هذا التمثيل بفضل الفكرة التي نسبت قيمة لكل منزلة من منازل الرقم: فالرقم ١ يساوي الواحد عند وضعه في منزلة الآحاد ويساوي عشرة عند وجوده في منزلة العشرات ومئة عند وضعه في منزلة المئات... وهكذا دواليك.

وقد احتوى النظام الستيني البابلي إشارتين كما عرف القيمة المنوطة بمكان وضعهما (حسب السلم الستيني). كان على الكاتب أن يُسجل الأعداد في النظام العشري، وأن يحولها إلى النظام الستيني، وأن يقوم بالحسابات ويجد الجواب، وأن يعيد النتيجة إلى النظام العشري. وعلى الرغم من أن النظام الستيني هو من اختراع البابليين إلا أنه بقي غريباً عن حياتهم اليومية إلى أن حل مكانه النظام الهندي. لكنه، وحتى ذلك التبديل كان الأكثر استخداماً في الرياضيات.

سمح هذا النظام بالقيام بالحسابات بشكل أسهل. وكان اليونانيون قد طوروا علم

(٩) انظر: David Eugene Smith, *History of Mathematics* (Boston; New York: Ginn and Co., 1923-1925), vol. 1, pp. 166-167.

الهندسة بشكل يثير الإعجاب. إلا أن الرياضيات كانت بحاجة إلى أدوات جديدة من أجل دفعها إلى الأمام: إلى الجبر وإلى وسائل احتساب متطورة. وهنا كان الإسهام العربي بفضل إدخال الحساب الهندي.

أشكال الأرقام

يمكن أن نجد في أغلبية الأعمال المكرسة لتاريخ الرياضيات في القرون الوسطى وصفاً كافياً لأشكال الأعداد. ونقدم هنا حصيلة أبحاث في حوالى الثلاثين من المخطوطات الشرقية أو الغربية الإسلامية.

(١) - (الرقم «واحد»). ظهر في الكتابات الأولى على الشكل $\overline{1}$ والخط الأفقي الصغير الموضوع فوقه كان لتمييزه عن بقية الكلمات؛ وهذا من التقاليد الهندية. وعند كتابة أعداد جنباً إلى جنب كانت الخطوط الأفقية فوقها تساعد على تمييز أحدها عن الآخر. فمثلاً $\overline{1}\ \overline{1}$ كتابة تتميز عن $\overline{11}$. وقد اختفى هذا الخط الأفقي تدريجياً عند النساخ العرب الذين كانوا يعمدون إلى إطالة الواحد: «|» لتمييزه عن الألِف.

(٢، ٣) - (الرقمان «الاثنان» و«الثلاثة»). في بلاد الشرق، الباكستان وإيران وأفغانستان، أخذ هذان العددان على التوالي الشكلين ٢ و ٣؛ وفي العراق وسوريا الشكلين: ٢ و ٣؛ وفي البلدان الغربية المسلمة الشكلين 2 وَ3 تقريباً.

(٤) - (الرقم «أربعة»). كان شكله الأول في الشرق ٤ وتتطور من ثم تدريجياً ليصبح ٤. وقد أخذ في الغرب الشكل ٤. ولكن النساخ كتبوه ٤ على شكل 3 مقلوبة.

(٥) - (الرقم «خمسة»). في المخطوطات الأقدم كان يشبه الـ ٥ أو الحرف اللاتيني B. وتطورت من ثم كتابته ليصبح على الشكل B وفي الشرق ۵. وكان يكتب في الغرب المسلم على الشكل ٥.

(٦) - (الرقم «ستة»). كان يكتب على الشكل ٦ في الشرق وعلى الشكل 6 في الغرب المسلم.

(٧، ٨، ٩) - (الأرقام «سبعة»، «ثمانية» و«تسعة») كانت هذه الأرقام تكتب على التوالي ٧، ٨، ٩ في الشرق و7، 8، 9 في الغرب المسلم.

(٠) - (الصفر). في البداية كان يكتب على شكل دائرة صغيرة، شرقاً وغرباً. لكن، في الشرق أضحت «الخمسة» تكتب على شكل دائرة صغيرة بينما أصبح يشار إلى الصفر بنقطة.

نشير إلى أن هذه الأشكال كانت تسمى عند العرب «حروف الهند» وكانت تستخدم في الكتابات السرية(١٠).

(١٠) انظر: الإقليدسي، **الفصول في الحساب الهندي**، ص ٤٤٢.

محتوى الحساب الهندي

ليس باستطاعتنا التأكيد بأن الصيغة اللاتينية لمؤلف الخوارزمي تحوي كامل علم الحساب الهندي كما عرفه العالم الإسلامي. كما لا يمكننا التأكيد بأن القسم الأول من مؤلف الإقليدسي يمثل الحساب الهندي دون إضافة عربية. ولا بد أن الحقيقة تقع بين هذين الاحتمالين. وقد لا نستطيع التأكيد بأن مؤلف الخوارزمي يقدم بالكامل الحساب الهندي كما انتشر في العالم العربي لكننا نستطيع بحق أن نؤكد أن العرب اقتبسوا من الهند السلم العشري، مع عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة واستئصال الجذر التربيعي للأعداد الصحيحة، وكذلك العمليات الحسابية المذكورة عينها فيما يخص النظام الستيني. قد يكون العلم الهندي قد تناول عملياً وبشكل أساسي الأعداد الصغيرة وقد لا يكون بهذا الإتقان؛ إلا أن الفكرة العامة والأسس لعلم الحساب هذا وتنظيمه تعود إلى الهند. هذا العلم، الذي أضيف إلى المعارف الحسابية الأخرى التي عاشت واستمرت إلى أن وصلت إلى علماء جنديسابور، شكّل القاعدة لعلم الحساب الذي بنى عليه العالم العربي رياضيات منظمة متميزة. وقبل أن نبدأ بدراسة علم الحساب العربي، لنلقِ نظرة على طبيعة هذا العلم الهندي الذي تمكن من غزو الفكر العربي واجتذابه.

طبيعة الحساب الهندي

نعود للتذكير بأن هذا النظام قد تبناه العالم الإسلامي، بلوحته الغبارية وبنظام استبداله للأعداد الممحية. ومن أجل إلمام أفضل به لنأخذ مثل ضرب العددين ٩٢٣٤ و٥٦٨، ولننظر إلى الطريقة المقدمة في كل النصوص المتعلقة بالحساب الهندي:

يوضع العددان على اللوحة، على الشكل التالي:

٩٢٣٤
٥٦٨ (الرقم الأول من العدد الثاني تحت الرقم الأخير من العدد الأول).

مما يعني أن علينا ضرب العدد ٩ على التوالي بـ ٥، ٦ و٨، بحيث يوضع كل حاصل ضرب فوق الرقم الذي ضرب به الرقم ٩. نكتب إذن العدد ٤٥ فوق الرقم ٥ . ومن ثم عند ضرب الـ ٩ بـ ٦ نحصل على ٥٤ فنكتب الرقم ٤ فوق الـ ٦ ولكن الرقم ٥ يجب إضافته حينئذٍ إلى الـ ٤٥ لتعطي ٥٠؛ فنمحي العدد ٤٥ ونكتب مكانه العدد ٥٠. ومن ثم نضرب الـ ٩ بـ ٨ فنحصل على العدد ٧٢ الذي يأخذ مكانه فيما فوق، على الشكل التالي: يأخذ الرقم ٢ مكان الرقم ٩ ويجمع الرقم ٧ إلى الرقم ٤ فيعطي ١١. فنمحو الرقم ٤ ونبدله بالواحد. أما الرقم ١ الآخر فنضيفه إلى الصفر، فنمحو الصفر إذن ونبدله بالرقم ١. فنحصل على النتيجة: ٤ ٣ ٢ ٢ ١ ١ ٥.
٥ ٦ ٨

حينئذٍ ينبغي إزاحة العدد ٥٦٨ مرتبة واحدة إلى اليمين بحيث تقع آحاده تحت الرقم التالي الذي ينبغي الضرب به. فنحصل على الشكل:

٥ ١ ١ ٢ ٢ ٣ ٤
٥ ٦ ٨

مما يعني أن علينا ضرب الرقم ٢ (الفوقي) تتالياً بالأرقام ٥، ٦ و٨. وعند ضرب الرقم ٢ بالأرقام ٥، ٦ و٨ وإضافة حواصل الضرب إلى الخط الأعلى نحصل على:

٥ ٢ ٢ ٥ ٦ ٣ ٤
٥ ٦ ٨

فنعمد على إزاحة العدد ٥٦٨ مرتبة إلى اليمين بحيث يقع الرقم ٨ تحت الرقم ٣. ونعيد العملية نفسها ما يكفي من المرات إلى أن نضرب بجميع أرقام العدد الفوقي (٩٢٣٤) فنحصل في الخط الفوقي على النتيجة النهائية. لكن العدد المضروب به يكون قد اختفى نهائياً مما لا يسمح بأية إعادة تدقيق في العملية. أضف إلى ذلك ما يحدثه محو الغبار من اتساخ للأصابع أو للثياب. لذا، على الرغم من بساطة هذه الخوارزمية كان لا بد من تحسينها.

إسهام عربي في تطوير علم الحساب

إن أول الإنجازات العربية تمثل في تطوير هذا النظام الحسابي. ويشير مؤلف الإقليدسي جزئياً إلى أولى المحاولات التي بذلت في هذا المجال: استبدال اللوحة الحسابية بالورق والحبر مما يسمح بحفظ مختلف مراحل العملية الحسابية وذلك للتمكن من مراجعتها. وقد يبدو لنا هذا التطور سهلاً؛ ولكنه لم يكن كذلك في الواقع. فقد لعب البطء في الاتصالات بين البشر كما لعبت العقليات المحافظة لدى من تأصل لديهم استخدام لوحات الغبار، دوراً أساسياً في تأخير هذا التبدل أجيالاً بأكملها. ولقد بدأ هذا التبدل، حسب الإقليدسي، في دمشق في القرن العاشر، من دون أن يكون معروفاً في بغداد. وفي القرن الثالث عشر نجد تلميحات إلى استعمال اللوحة الغبارية في كتابات ابن البناء (١٢٥٦ ـ ١٣٢١م). وبابتعاد قليل شرقاً، إلى مراغة، نجد الرياضي العظيم نصير الدين الطوسي المتوفى عام ١٢٧٤م، يُكرِس مؤلفاً بأكمله حول استعمال اللوحات الغبارية[١١]. ومن قبله بنصف قرن تقريباً، قام سلفه شرف الدين الطوسي[١٢] بمجهود كبير لحل

---

(١١) انظر: نصير الدين الطوسي، «جوامع الحساب بالتخت والتراب،» تحرير أحمد سليم سعيدان، **الأبحاث**، السنة ٢٠، الجزء ٢ (حزيران/يونيو ١٩٦٧)، ص ٩١ و ١٦٤، والسنة ٢٠، الجزء ٣ (أيلول/سبتمبر ١٩٦٧)، ص ٢١٣ ـ ٢٢٩.

(١٢) انظر: الفصل الحادي عشر: «الجبر،» ضمن هذا الجزء من الموسوعة، وانظر أيضاً شرف الدين الطوسي في المراجع.

معادلات الدرجة الثالثة بواسطة حساب اللوحات الغبارية. لكن نظام اللوحات هذا انتهى إلى الزوال. ولم يبق من هذا النظام سوى العمليات الحسابية التي درسناها في المدارس، التي لم يطوها النسيان بعد، على الرغم من استعمال الحاسبات الالكترونية.

إن أهمية تحرير النظام الحسابي الهندي من اللوحات الغبارية لا تقل عن أهمية تفضيل العرب هذا النظام وتبنيهم له على حساب النظام الإصبعي، الذي كما سبق أن أشرنا، استمر طويلاً عبر المفهوم العربي للكسور.

الكسور العادية والكسور العشرية في النظام الهندي

إن مفهوم الكسر $\frac{a}{b}$ هندي. لكنه كان يكتب في الهند $\begin{matrix} a \\ b \end{matrix}$.

كما أن العدد $a\frac{b}{c}$ كان يكتب (عمودياً) $\begin{smallmatrix} a \\ b \\ c \end{smallmatrix}$، حيث إن الأعداد a وb وc كانت تبقى على هذا الشكل، على اللوحة الغبارية بعد قسمة العدد $ac + b$ على العدد c.

مثلاً ١٩ ÷ ٤ تعطي النتيجة النهائية $\begin{matrix} ٤ \\ ٣ \\ ٤ \end{matrix}$.

ولقد تعلم العرب هذه التقنية، إلا أنهم احتفظوا بتقنيتهم الخاصة بإبدال الكسر بمجموع عدة كسور صورتها الرقم ١. فقد فهموا مثلاً معنى الكسر $\frac{٣}{٤}$ إلا أنهم فضلوا كتابته على الشكل $\frac{١}{٢} + \frac{١}{٤}$، وهذا ما كتبوه على الصورة الهندية: $\begin{matrix} ١ \\ ٢ \\ ١ \\ ٤ \end{matrix}$.

لكن هذا الشكل الأخير يترك مجالاً للخلط حيث تجوز قراءته $\frac{١}{٢} \div \frac{١}{٤}$، مما استعجل الميل لاستخدام الشكل العام $\frac{a}{b}$.

إن أولى المراحل التي استطعنا التعرف إليها في هذا التطور كانت تقوم على كتابة ٤ $\frac{٣}{٤}$ مثلاً على الشكل $\frac{٤}{\frac{٣}{٤}}$، حيث يفصل الخط الأفقي بين العدد الصحيح والكسر. إلا أنه يتوجب أيضاً إبدال $\frac{٣}{٤}$ بـ $\frac{١}{٤} + \frac{١}{٢}$. وحتى $\frac{١}{٢}$ وحده ينبغي أن يكتب $\begin{matrix} ٠ \\ ١ \\ ٢ \end{matrix}$.

ولقد كان ابن البناء، أو من أتوا قبله بقليل في الغرب، أول من تبنوا فكرة الشكل العام للكسر العادي $\frac{a}{b}$ الذي كتبه على الشكل $\frac{a}{b}$ (بخط أفقي يفصل الصورة عن المخرج) لكنه كان يكتب $4\frac{3}{4}$ على الشكل $\frac{3}{4}4$ دون أن يكترث للقيمة المعطاة لكل منزلة.

أما الطوسي، الأبعد باتجاه الشرق فقد فضل مفهوم الكسر $\frac{a}{b}$، مهملاً الفكرة التي تقول بضرورة كون الصورة مساوية للواحد، لكنه استخدم الخط الأفقي الصغير فقط لفصل العدد الصحيح. وعند رياضيين متأخرين، يبدو أنهم لم يؤلفوا أعمالاً خاصة إنما تركوا ملحوظات على هوامش مؤلفات تعود للآخرين، نجد الشكل $a\frac{b}{c}$. ونشير هنا إلى أن الشكل b/c هو تجديد أوروبي متأخر. ويبدو أن الإقليدسي هو أول من كتب حول هذه الكسور في العام ٩٥٢ من عصرنا(١٣).

إن إحدى أهم الفكر في «حساب» الإقليدسي كانت استخدام الكسور العشرية(١٤). ولقد أوحى الإقليدسي بهذا المفهوم كوسيلة عملية حسابية واستعمل إشارة عشرية، وهي إشارة يتوجب استعمالها في كل الحالات. فلقد أدخل أكثر من أربعة عشر كسراً عشرياً، إلا أن الناسخ لم يدون منها سوى اثنين بالإشارة العشرية. وقد وسع استخدام الكسور العشرية إلى أجزاء العشرة على غرار معالجة أجزاء الستين في النظام الستيني. وهذا ما نجد في معالجته المسائل التالية:

أ ـ عندما يقسم العدد ١٩ على العدد ٢ تكراراً يحصل على:

١٩
٩'٥
٤'٧٥
٢'٣٧٥
١'١٨٧٥
٠'٥٩٣٧

ويقرأ هذه النتيجة النهائية: ٥٩٣٧٥ جزءاً من مئة ألف. ومن ثم، بواسطة مضاعفات متتالية يُرجع العدد الأخير إلى العدد ١٩، مهملاً الأصفار اليمنى لأنها لا تدل على شيء.

ب ـ عند قسمة العدد ١٣ يحصل بالتتالي على ٦'٥، ٣'٢٥، ١'٦٢٥، ٠'٨١٢٥.

ج ـ لكي يزيد على العدد ١٣٥ عُشرَهُ ويعيد الكرة على الحاصل مرات عديدة يقوم بما يلي: يضرب العدد بـ ١١ ويقسمه على عشرة فيحصل على ١٤٨'٥. فيمكنه إذ ذاك القول بأنه يضرب بـ ١'١. أما المرحلة الثانية فتعطي ١٤٨'٥ × ١'١ = ١٦٣'٣٥ وهنا يضرب ١٤٨ بـ ١١ وَ ٠'٥ بـ ١'١ ويجمع حاصلي هذين الضربين. وهذه هي الطريقة التي تبناها من أجل ضرب عدد كسري بعدد صحيح. ويتابع حساباته فيحصل على التتالي على: ١٧٩'٦٨٥؛ ١٩٧'٦٥٣٥؛ ٢١٧'٤١٨٨٥. ويقرأ هذه الأعداد مشيراً إلى قيمتها العشرية.

د ـ لكي ينقص من العدد ١٣ عُشرَهُ ومن الحاصل عُشرَهُ وهكذا دواليك، يبدأ بإبدال

---

(١٣) انظر: الإقليدسي، **الفصول في الحساب الهندي**، ص ٤٨١ ـ ٤٨٨. انظر أيضاً الترجمة الإنكليزية: Al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdisī.*

(١٤) انظر الفصل المتعلق بالتحليل العددي وهو الفصل الثاني عشر من هذا الجزء من الموسوعة.

العدد ١٣ بـ ١٣٠ عِشراً ينقص منها من ثم عشرها (أي ١٣ عشراً) مما يعطي ١١٧. ومن ثم يبدل هذا العدد بـ ١١٧٠ جزءاً من مئة يُنقص منها ١١٧... ويُكمل على هذا المنوال حتى الوصول إلى النتيجة النهائية: ٧'٦٧٦٣٧ التي يقرأها ٧ و٦٧٦٣٧ جزءاً من مئة ألف.

التأثير الإغريقي على علم الحساب العربي

بعد الإقليدسي نقل علماء آخرون إلى العربية كل المعارف العلمية الإغريقية التي صادفوها: هللينية كانت أم هلينستية أو رومانية أو حتى بيزنطية. كانت غالبية هذه الأعمال هندسية. إن أهم الأعمال هذه في علم الحساب كانت أجزاءً من **أصول** إقليدس ومقدمة **علم الحساب** لنيقوماخوس الجرشي (حوالى العام ١٠٠م للميلاد) وأعمال هيرون الإسكندري (حوالى العام ٦٢ للميلاد) وكتاب **في قياس الدائرة** لأرخميدس (٢٨٧ ـ ٢١٢ ق.م).

وسنتعرض في هذه الفقرة لتطور علم الحساب بالاستناد إلى مثل خاص يتعلق بالمتتاليات (Suites) العددية.

تحوي النصوص العربية العديد من أنواع المتواليات (Progressions) العددية مرفقة بالقواعد التي تعطي حد المتوالية مهما كانت منزلته أو التي تعطي مجموع حدودها إلى أي مرتبة. ومن الواضح أن هذه المسائل إغريقية في الأصل. ولقد عالج الهنود متواليات عددية. إلا أن العرب فهموا سريعاً خصائص العلم الإغريقي وأعطوه الأفضلية على ما تبقى من أنظمة. وذلك يعود إلى تميزه بالبراهين المنطقية الصارمة خلافاً للأنظمة الأخرى التي كانت تكتفي بإعطاء القواعد العملية التي ينبغي اتباعها. ويبدو أن العرب قد شغفوا بالبراهين إلى حد كبير حيث نجد عندهم فلسفات أو نماذج فكرية معبرة في هذا المجال، يمكن تسميتها بفلسفات الـ«لماذا؟» أو الـ«كيف؟» أو الـ«ماذا؟».

وهناك متواليات عددية معينة مثل متوالية المضاعفة $(2^n)_{n\in N}$ نجدها في عدد كبير من المؤلفات الحسابية، التي نختار منها:

١ ـ **التكملة**[١٥] لابن طاهر حيث نجد قواعد المجاميع

$$\sum_{r=1}^{n} r,\quad \sum_{r=1}^{n} r^2,\quad \sum_{r=1}^{n} r^3,\quad \sum_{r=1}^{n} r^4$$

بالإضافة إلى بعض الأعداد الشكلية.

٢ ـ **المراسم**[١٦] للأموي الذي يعرض القواعد نفسها لكنه أكثر تماماً وتماسكاً.

(١٥) انظر: البغدادي، **التكملة في الحساب مع رسالة في المساحة**.

(١٦) هو يحيى بن يعيش الأموي، من الأندلس، عاش في دمشق في القرن الرابع عشر. =

٣ ـ **مفتاح الحساب**(١٧) للكاشي، الذي يقدم لمتهني الحساب خمسين قاعدة، وهي تضم غالبية القواعد المقدمة في المؤلفين السابقين وأحياناً بشكل أكثر انتظاماً؛ وينسب إلى نفسه اكتشاف هذه القواعد وإن كان بعضها يرجع إلى إقليدس حتى.

الصورة رقم (١٠ ـ ١)

غياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي، **مفتاح الحساب**

(توبكابي سراي، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٧٩).

بعد أن اكتشف الكرجي في أواخر القرن العاشر مثلث باسكال والصيغة المعروفة بفك ذي الحدين استطاع الرياضيون استخراج الجذر لعدد صحيح، من أي قوة كان، ووضعوا بعض الصيغ التقريبية للجذور الصم. وهذا يرجع في الحالة الأولى إلى حل المعادلة العددية $x^n = a$ حيث $a \in \mathbb{N}$.

وفي هذه الصورة نجد جدول الكاشي لاستخراج الجذر الخامس للعدد:

٤٤ ٢٤٠ ٨٩٩ ٥٠٦ ١٧٩

= انظر: أبو عبد الله يعيش بن إبراهيم الأموي، **مراسم الانتساب في علوم الحساب**، نشر أحمد سليم سعيدان، مصادر ودراسات في تاريخ الحساب العربي؛ ٢ (حلب: جامعة حلب، معهد تاريخ العلوم العربية، ١٩٨١).

(١٧) انظر: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 7, pp. 531-533.

ونقدم فيما يلي موجزاً للمجاميع التي نجدها في **التكملة** مضيفين إليها إكمالات نجدها في **المراسم**:

١. $$\sum_{m=1}^{n} m = \frac{1}{2}(n^2+n) = \frac{n}{2}(n+1);$$

$$\sum_{m=a}^{n} m = (a+n).\frac{1}{2}(n-a+1).$$

٢. $$1+3+5+.....+l = \left(\frac{1}{2}l+\frac{1}{2}\right)^2$$

٣. $$2+4+6+...+l = \left(\frac{1}{2}l\right)^2+\frac{1}{2}l$$

٤. $$\sum_{r=2}^{2n+1} 2^r = 2^2+2^3+....+2^{2n+1} = (2^{n+1})^2-4$$

$$\sum_{r=2}^{2n+2} 2^r = 2^2+2^3+.....+2^{2n+2} = 4.(2^{2n+1}-1)$$

٥. $$2.1+2.3+2.5+...+2(2n-1) = 2n^2$$

٦.أ $$\sum_{m=1}^{n} m^2 = n(n+1)\left(\frac{1}{3}n+\frac{1}{6}\right) = n\left(n+\frac{1}{2}\right)(n+1).\frac{1}{3}$$

$$= (n^2+n)\left(\frac{n}{3}+\frac{1}{6}\right)$$

٦.ب $$\sum_{m=1}^{n} m^2 / \sum_{m=1}^{n} m = \frac{2}{3}n+\frac{1}{3}$$

٧. $$\sum r^3 = \left(\sum r\right)^2$$

٨. أعداد المضلعات (Nombres polygonaux):

في المتوالية الحسابية العامة (١) التالية:

$$1,\ (1+a),\ (1+2a), ...,\ 1+(n-1)\ a... \qquad (١)$$

الحد العام هو $1+(n-1)a$ ومجموع الحدود هو: $n+\frac{1}{2}n(n-1)a$. وعندما نعطي لِـ a على التوالي القيم التالية: 1، 2، 3، 4، نحصل (على التوالي) على المتواليات:

$$1, 2, 3, 4, ...$$

وهي متتالية الأعداد الصحيحة،

$$1, 3, 5, 7, \ldots$$

وهي متتالية الأعداد الفردية،

$$1, 4, 7, 10, \ldots$$
$$1, 5, 9, 13, \ldots$$

فإذا جمعنا حدود المتوالية (١) (الأول، ثم الأول والثاني، ثم الأول والثاني والثالث. . .) نحصل تدريجياً على:

$$1,\ (2+a),\ (3+3a),\ (4+6a), \ldots \qquad (٢)$$

وهي متسلسلة جديدة، من السهل أن نرى أن حدّها ذا المرتبة n هو مجموع حدود المتسلسلة (١) حتى المرتبة n، أي $n+\frac{1}{2}n(n-1)a$. وقد أعطى الإغريقيون لحدود هذه المتسلسلة (٢) اسم «الأعداد المضلعة» أو «أعداد المضلعات».

وعند إعطاء التدرج a في المتوالية (٢) القيم 1، 2، 3، 4، نحصل بالتوالي على المتسلسلات:

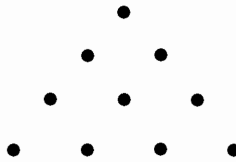
$$1, 3, 6, 10, \ldots \qquad (٢.أ)$$

$$1, 4, 9, 16, \ldots \qquad (٢.ب)$$

$$1, 5, 12, 22, \ldots \qquad (٢.ج)$$

$$1, 6, 15, 28, \ldots \qquad (٢.د)$$

وهذه الفكرة يونانية الأصل، تعود إلى أيام فيثاغورس (القرن السادس ق.م). وهي كمجمل المفاهيم الرياضية اليونانية ذات أصل هندسي، حيث نفترض أن المتسلسلة (٢.أ) قد أنشئت انطلاقاً من بنية كالتالية:



نسمي عناصرها الأعداد المثلثية، (نسبة إلى شكل المثلث) أما المتسلسلة (٢.ب) فتعطي «أعداد المربعات» والمتسلسلة (٢.ج) أعداد المضلعات الخماسية. . . .

ولكن السؤال يطرح حول تحديد الحد العام لكل من هذه المتسلسلات. فبالنسبة إلى (٢) علينا إيجاد المجموع:

$$\sum_{r=1}^{n}\left[r+\frac{1}{2}r(r-1)a\right].$$

ولدينا:

$$\sum_{r=1}^{n}\left[r+\frac{1}{2}r(r-1)a\right]=\frac{1}{2}n(n+1)+\frac{1}{6}(n-1)n(n+1)a$$
$$=\frac{1}{2}n(n+1)\left[1+\frac{1}{3}(n-1)a\right]$$

بحيث، إذا أعطيت a القيمة 1 نحصل على الأعداد المثلثية:

$$\frac{1}{2}n(n+1)\left(\frac{1}{3}n+\frac{2}{3}\right).$$

وإذا أعطيت القيمة 2 نحصل على أعداد المربعات. . . . وهكذا دواليك.

ويُعطي ابن طاهر في **التكملة** بأسلوب لفظي منمق بالطبع، قواعد حساب جمع n حد من متسلسلات الأعداد «المثلثية» و«المربعية» و«المخمسية». . . :

٩. $$\sum_{m=1}^{n}m^4=\sum_{m=1}^{n}m^2\left[\frac{1}{5}\left(\sum_{1}^{n}m-1\right)+\sum_{1}^{n}m\right]$$
$$=\frac{1}{30}n(n+1)(2n+1)(3n^2+3n-1).$$

١٠. الأعداد الهرمية (Nombres pyramidaux):

جمع الإغريقيون حدود كل من المتسلسلات (٢.أ)، (٢.ب). . . الخ، تدريجياً فحصلوا على متسلسلات جديدة سموا حدودها الأعداد الهرمية. فعند الجمع التدريجي لحدود المتسلسلة (٢) مثلاً، نحصل على المتسلسلة:

(٣) $$1,\ (3+a),\ (6+4a),\ (10+10a),\ldots$$

وهي متسلسلة الأعداد الهرمية. فإذا أُعطيت a على التوالي القيم 1، 2، 3 و4، نحصل توالياً على المتسلسلات (٣.أ)، (٣.ب)، (٣.ج) و (٣.د) التالية:

(٣.أ) $$1,4,10,20,\ldots$$

وهي متسلسلة المجسم الثلاثي؛

(٣.ب) $$1,5,14,30,\ldots$$

وهي متسلسلة المجسم الرباعي؛

(٣.ج) $$1,6,18,40,\ldots$$

وهي متسلسلة المجسم الخماسي؛

(٣.د) $1, 7, 22, 50, \ldots$

وهي متسلسلة المجسم السداسي.

ويعالج ابن طاهر متسلسلات من هذا القبيل فيحصل على نتائج نقدم بعضاً منها فيما يلي:

أ ـ الحد ذو المرتبة n من (٢.ج) هو: $\frac{3}{2}n^2 - \frac{1}{2}n$

ب ـ الحد ذو المرتبة n من (٢.د) هو: $2n^2 - n$

١١. يقدم ابن طاهر العلاقات بين أعداد المضلعات على الشكل التالي:

أ ـ المربع من المرتبة n = المثلث من المرتبة n + المثلث من المرتبة $(n-1)$ أي:

$$n^2 = \frac{1}{2}n(n+1) + \frac{1}{2}n(n-1)$$

ب ـ خماسي الأضلاع من المرتبة n = (رباعي الأضلاع من المرتبة n + المثلث من المرتبة $(n-1)$)، أي:

$$\frac{3}{2}n^2 - \frac{1}{2}n = n^2 + \frac{1}{2}n(n-1)$$

ج ـ سداسي الأضلاع من المرتبة n = (المربع من المرتبة n + ضعف المثلث من المرتبة $(n-1)$)، أي:

$$2n^2 - n = n^2 + n(n-1)$$

د ـ بشكل عام:

المضلع من المرتبة n − المضلع من المرتبة $(n-1)$ = $(n-1)a + 1$

والفكرة في الأصل يونانية، إلا أن ابن طاهر قام بتوسيعها وتعميمها. أما الأموي فقد ذهب إلى أبعد من ذلك حيث حسب مجموع المتتالية (٣):

$$S = \frac{1}{6}n(n+1)(n+2) + \frac{1}{24}(n-1)n(n+1)(n+2)a$$
$$= \frac{1}{6}n(n+1)(n+2)\left[1 + \frac{1}{4}(n-1)a\right].$$

مما يسمح باحتساب المتتاليات (٣.أ)، (٣.ب)، (٣.ج) و (٣.د) بإعطاء a القيمة المناسبة.

ويلخص الأموي القواعد المتعلقة بالأعداد المضلعة والهرمية كما يلي:

أ ـ في المتتاليات المضلعة يعادل الحد من المرتبة n القيمة: $\frac{1}{2}n[2 + (n-1)a]$

وبمجموع الحدود هو:

$$S_n = \frac{1}{6} n(n+1)\ [3+(n-1)a].$$

ب ـ يعادل الحد ذو المرتبة n في المتتاليات الهرمية القيمة:

$$\frac{1}{6} n(n+1)[3+(n-1)a],$$

وبمجموع الحدود حتى هذه المرتبة هو:

$$S_n = \frac{1}{24} n(n+1)(n+2)[4+(n-1)a].$$

ويقوم بتصنيف لجميع المتواليات حسب قيمة حدها العام وقيمة مجموع حدودها:

(١) المتواليات العددية: حيث الفرق بين حد والحد التالي ثابت.

(٢) المتواليات الطبيعية: حيث الفرق بين حد والحد التالي ثابت ومساوٍ لِ 1.

(٣) المتواليات الهندسية: حيث نسبة حد إلى الحد السابق ثابتة.

(٤) المتواليات المضاعفة: حيث نسبة حد إلى الحد السابق تساوي 2.

(٥) المتواليات الصُوَرية: متواليات الأعداد المضلعة والهرمية.

(٦) المتواليات الصاعدة: مثل المتوالية $r(r+1)$، أي مثل:

$$1.2,\ 2.3,\ 3.4, \ldots$$

وفيما يتعلق بالمتواليات من هذا النوع الأخير، يُعطي القواعد التالية:

(أ) $$1.2+2.3+3.4+\ldots+n(n+1) = \frac{1}{3} n(n+1)(n+2)$$

(ب) $$1.3+3.5+5.7+\ldots.+N(N+2) = \frac{1}{3} N\left(\frac{N+2}{2}\right)(N+4)+\frac{1}{2}$$

حيث يكون N عدداً مفرداً.

(ج) $$2.4+4.6+6.8+\ldots.+M(M+2) = \frac{1}{3} M\left(\frac{M+2}{2}\right)(M+4)$$

عندما يكون M عدداً زوجياً.

وهي قواعد يمكن كتابتها على الشكل التالي:

$$1.3+3.5+\ldots+(2n-1)(2n+1) = \frac{1}{6}(2n-1)(2n+1)(2n+3)+\frac{1}{2}\ ,$$

$$2.4+4.6+\ldots+2n(2n+2) = \frac{4}{3} n(n+1)(n+2).$$

أما الكاشي فيعالج نفس هذه الأنواع من المتواليات تقريباً ولكن أفكاره بهذا الخصوص أكثر وضوحاً ووعيه للمسائل أكثر عمقاً حيث يقدم تعميمات أفضل.

ونظن أننا وصلنا في هذا العرض إلى حد ينبغي أن نلقي عنده نظرة تاريخية إلى بعض النقاط. نشير هنا إلى أن الفصل المتعلق بالمجاميع والموجود في **الباتيغانيتا** *(Patiganita)*(١٨)، لا يعالج سوى المتواليات وهو موضوع عالجه الأموي في فصل مشابه. وقد عالجت الرياضيات الهندية مجاميع المتسلسلات 2^r وr^2 وr^3 و$\frac{1}{2}r(r+1)$ وتوافيق متفرقة من هذه المتسلسلات. ومن جهة أخرى، فإن وجود المتواليات في المسائل الرياضية البابلية هو أمر مؤكد. ونكرر القول بأن اليونانيين أعطوا قواعد جمع المتواليات العددية. فلقد حددها هيبسيكليس (Hypsicles) في حوالى العام ١٧٥ قبل عصرنا. وقد أعطى ثيون السميرني (Théon de Smyrne)، في القرن الثاني من عصرنا، قاعدة المجموع $\sum r^2$ وقواعد خاصة ببعض المتتاليات المضلعة. وقد عالج نيقوماخوس الجرشي (حوالى ١٠٠م) الأعداد المضلعة بشكل يُمَهِد **لتكملة** ابن طاهر. كما أن ديوفنطس قد كتب مؤلَفاً في الأعداد المضلعة وصلتنا بعض أجزائه.

ولكن نيقوماخوس يكتفي بمعالجة عرضية للأعداد الهرمية بينما يعالج «جمبليق» (Jamblique) (بين العامين ٢٨٤ و٣٣٠م) بعمق الأعداد المضلعة والأعداد الهرمية.

ويبدو أن ابن طاهر والأموي قد استقيا من مصادر يونانية. كما يبدو من الصعب تحديد ما قدماه من أعمال أصيلة في هذا المجال. لكن تقديم النتائج اليونانية حسب العرض الذي يقدمه فيها ديكسون (Dickson)(١٩) يدعو إلى التفكير بأن العرب قاموا بدرس المتتاليات بطريقة أصيلة. ومهما يكن من أمر، وحتى لو كان الإسهام الخلاق العربي في هذا المجال ضعيفاً، إلا أن مجرد جنيهم للمعارف السابقة وجمعها وتقديمها للعالم ككل حي ومتماسك، جاهز للتطوير المستقبلي، يُعتبر إنجازاً فائق الأهمية. وهذه النتيجة تصح في مجالات رياضية أخرى مثل مجال حسابات النسب وحسابات الأعداد غير المنطقة، وهي مجالات لا غنى عن معالجتها في فصول أخرى من هذا المؤلَف ولا مجال للتعرض لها في حدود دراستنا هذه. إلا أننا فيما تبقى من هذه الدراسة، سنعرض بعضاً من المسائل الحسابية العائدة للقرون الوسطى التي بناها الرياضيون ترويضاً للفكر وأحياناً للتسلية، ونقدمها في حلة حسابية هي غير حلتها المسرحية الأصلية.

---

(١٨) انظر: Sridhara, *The Pātīganita of Śrīdharâcârya,* edited with english translation by Kripa Shankar Shukla, Hindu Astronomical and Mathematical Texts Series; no. 2 (Lucknow, India: Lucknow University, Department of Mathematics and Astronomy, 1959),

وقد عاش المؤلف بين العامين ٨٥٠ و٩٥٠ من عصرنا.

(١٩) انظر: Leonard Eugene Dickson, *History of Theory of Numbers,* Carnegie Institution of Washington; Publication no. 256, 3 vols. (New York: Chelsea, 1952), vol. 2, p. 4, reprinted (1966).

المسألة الأولى: راجع ابن طاهر في **التكمِلة**[٢٠].

لدينا ثلاثة أعداد a وb وc معطاة. جد عدداً $N(105 \geq N)$ بحيث يكون:

$$N \equiv a(mod\ 5) \equiv b(mod\ 7) \equiv c(mod\ 3).$$

الجواب: العدد هو $N = 21a + 15b + 70c - 105k$، حيث يكون k أي عدد بشرط أن تكون النتيجة N أقل من 105.

قبل أن نلقي نظرة على برهان المؤلف، نلاحظ ما يلي:

(١) $$21a + 15b + 70c - 105k \equiv a(mod\ 5) \equiv b(mod\ 7) \equiv c(mod\ 3)$$

(٢) $$21.a = 3.7.a \equiv a(mod\ 5);\quad 15.b = 3.5.b \equiv b(mod\ 7);\quad 70.c = 2.7.5.c \equiv c(mod\ 3)$$

يشرح المؤلف طريقته على الشكل التالي: لكي نجد عدداً مجهولاً N بحيث يكون مثلاً:

$$N \equiv a(mod\ 10) \quad \text{و} \quad N \equiv b(mod\ 13) \quad \text{و} \quad N \leq 130$$

(حيث 10 و13 عددان ليس لهما قاسم مشترك غير الواحد)، بإمكاننا أن نأخذ:

$$13ma + 10nb - 130k\ .$$

حيث يُحقق العددان m و n الشرطين: $13m \equiv 1(mod\ 10)$ و $10n \equiv 1(mod\ 13)$

فنأخذ مثلاً $m = 7$ و $n = 4$ (اللذان يحققان هذين الشرطين) فيكون لدينا:

$$N = 91a + 40b - 130k\ .$$

هذه المسألة هي بديهياً مسألة تطابق (Congruence) حسابي «بقياس». والتطابق الحسابي من المفاهيم التي ظهرت مبكراً جداً في العالم العربي والتي استخدمت للتدقيق في بعض النتائج الحسابية (كحذف الرقم ٩ عند التدقيق في عمليات ضرب الأعداد الصحيحة). وحسب نيدهام (Needham)[٢١]، نجد في أحد المؤلفات الصينية العائدة إلى القرن الرابع قبل عصرنا معالجة لمسألة إيجاد عدد يعطي بقية تعادل ٢ عند قسمته على ٣ و ٣ عند قسمته على ٥ و ٢ عند قسمته على ٧. والحل المقدم لهذه المسألة يشبه إلى حد بعيد حل ابن طاهر. لكن هذا التشابه لا يمكننا من الاستنتاج بأن فكرة هذا الرياضي مقتبسة من الصين. وذلك لأن نيقوماخوس الجرشي، في القرن الأول من عصرنا كان قد عالج موضوعاً مشابهاً، كما قام براهماغوبتا في القرن السابع بعمل مماثل.

---

(٢٠) انظر: البغدادي، **التكملة في الحساب مع رسالة في المساحة**.

(٢١) Joseph Needham, *Science and Civilization in China,* with the research assistance of Wang Ling, 6 vols. in 12 (Cambridge, [Eng.]: Cambridge University Press, 1954-1986), vol. 3, p. 119.

ويبدو أن مسائل «الرياضيات المبسطة» أو «المسلِية» كانت تشيع بسرعة وتهم عدداً كبيراً من الناس في مختلف الأماكن. ولم تكن الحلول المقدمة لهذه المسائل من قبل الشعوب المختلفة تتفق دائماً أو تختلف دائماً. ونسوق من هذه المسائل اثنتين:

المسألة الثانية: جد العدد الأصغر من الأوزان التي تتضاعف متوالية بحيث يكون وزنها مجتمعة أربعين وحدة؛ والجواب هو: ٤ أوزان مؤلفة من ١، ٣، ٩ و٢٧ وحدة.

وعلى حد علمنا، لا توجد هذه المسألة إلا في مخطوطة واحدة هي تلك العائدة لابن غازي المكناسي[٢٢].

المسألة الثالثة: قاض كان عليه تقسيم إرث هو عبارة عن ١٧ جملاً بين ٣ أشخاص بحيث يأخذ الأول نصفها والثاني ثلثها والثالث تُسعها، وأما الباقي فيأخذه القاضي، علماً بأنه من غير المقبول نحر أو اقتسام أي من هذه الجمال. والحل يكمن في أن يضيف القاضي جَمَلَهُ إلى هذا الإرث فيصبح ١٨ جملاً، فيأخذ الوريث الأول ٩ والثاني ٦ والثالث ٢ ويستعيد القاضي الجمل الذي أضافه. والحل ليس رياضياً إلا أنه يرضي الجميع.

---

(٢٢) يشرح ابن غازي المكناسي الفاسي في كتابه مؤلفاً أكثر قدماً مكتوب شعراً. انظر: أبو عبد الله محمد بن أحمد بن غازي، **بغية الطلاب في شرح منية الحساب**، لابن غازي المكناسي الفاسي، تحقيق ونشر محمد السويسي، مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٤ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨٣).

ـ ١١ ـ
الجبـــر

رشدي راشد(*)

بداية الجبر: الخوارزمي

إن ظهور كتاب الخوارزمي في بداية القرن التاسع ـ ما بين ٨١٣ و٨٣٠م[١] ـ حدث مميز في تاريخ الرياضيات. فللمرة الأولى تظهر كلمة «الجبر» في عنوان[٢]، وذلك للدلالة على مادة رياضية متميزة تمتلك تعابيرها التقنية الخاصة. عن هذا الكتاب يقول المؤلف نفسه، محمد بن موسى الخوارزمي، الرياضي والفلكي والعضو المرموق من أعضاء بيت الحكمة في بغداد: «ألفت من حساب الجبر والمقابلة كتاباً مختصراً حاصراً للطيف الحساب وجليله»[٣].

(*) مدير مركز تاريخ العلوم والفلسفات العربية والعصر الوسيط (المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي) وأستاذ في جامعة طوكيو.

قام بترجمة هذا الفصل نقولا فارس.

(١) يستهل الخوارزمي كتابه بذكر بذل وتشجيع الخليفة المأمون للآداب والعلوم مما حثه على تأليف هذا الكتاب. ولقد تولى المأمون الخلافة بين عامي ٨١٣ و٨٣٣م. فلا بد أن يكون الكتاب قد ألف خلال هذه الفترة. انظر: أبو عبد الله محمد بن موسى الخوارزمي، **كتاب الجبر والمقابلة**، تحقيق ونشر علي مصطفى مشرفة ومحمد مرسي أحمد (القاهرة: الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩).

(٢) عنوان الكتاب هو **كتاب الجبر والمقابلة**. نُذكر هنا بأن تعبيري «الجبر» و«المقابلة» يشيران في الوقت نفسه إلى مادة علمية وإلى عمليتين يمكن فهمهما استناداً إلى المثل التالي: إذا أخذنا المعادلة:

$$x^2 + c - bx = d \quad \text{حيث} \quad c > d\text{؛}$$

فإن الجبر هو عملية نقل الحد المطروح إلى الطرف الآخر بحيث تصبح المعادلة: $x^2 + c = bx + d$ وبالمقابلة تختزل الحدود المتشابهة فتصبح على الشكل التالي:

$$x^2 + (c - d) = bx.$$

(٣) انظر: المصدر نفسه، ص ١٦.

إنه لحدث عظيم، باعتراف مؤرخي الرياضيات، القدامى منهم والمحدثون. ولم تخفَ أهمية هذا الحدث على رياضيي ذلك القرن(٤) أو القرون التي تلته. وما انفك كتاب الخوارزمي هذا يشكل مصدر إلهام، لا للرياضيين بالعربية والفارسية فحسب، إنما أيضاً باللغة اللاتينية وبلغات أوروبا الغربية، حتى القرن الثامن عشر للميلاد. لكن هذا الحدث يأتي بمفارقة ظاهرية. فإن الجدة في مفاهيم وفي تعابير الكتاب، كما في تنظيمه، لم تترافق مع أية صعوبة في التقنيات الرياضية المستخدمة، وذلك قياساً على ما نرى في المؤلفات الرياضية الضخمة كتلك العائدة لإقليدس وديوفنطس على سبيل المثال. لكن هذه البساطة التقنية تعود بالتحديد إلى الإدراك الرياضي الجديد للخوارزمي. إن جذور أحد عناصر مشروعه تمتد إلى ما قبله بحوالى العشرين قرناً، في الرياضيات البابلية، ويوجد عنصر ثانٍ من هذا المشروع في **أصول** إقليدس وعنصر ثالث في **حساب** ديوفنطس. لكننا لا نجد في أي عمل سابق إعادة تأليف لهذه العناصر بمثل هذا الأسلوب. فما هي هذه العناصر وما هو هذا التنظيم؟

إن هدف الخوارزمي واضح، لم يكن إطلاقاً في تصور من سبقه؛ ويتلخص هذا الهدف بإنشاء نظرية معادلات قابلة للحل بواسطة الجذور، يمكن أن تُرجَع إليها مسائل علمَي الحساب والهندسة على السواء، وبالتالي يمكن استخدامها في مسائل الاحتسابات والتبادلات التجارية ومسائل الإرث ومسح الأراضي. . . إلخ. يستهل الخوارزمي القسم الأول من كتابه، بتحديد ما نسميه اليوم «التعابير الأولية» لنظريته؛ هذه النظرية اقتصرت على معالجة المعادلات من الدرجة الأولى والثانية وذلك انسجاماً مع متطلبات الحل بواسطة الجذور ومع مستوى معارفه في هذا المجال. وهذه التعابير الأولية كانت: المجهول الذي سماه «الجذر» أو «الشيء» ومربع المجهول والأعداد العقلانية (المنطقة) الموجبة والقوانين الحسابية $\pm$، $\times$، $\div$، $\sqrt{}$، وعلاقة المساواة. ومن ثم أدخل الخوارزمي مفاهيم: معادلة الدرجة الأولى، ومعادلة الدرجة الثانية وثنائيات الحدود وثلاثياتها الملازمة لهذه المعادلات والشكل المنتظم للمعادلة(٥) والحلول الطرائقية (Algorithmiques)(٦) وبرهان صيغة الحل. إن

---

(٤) فقد كتب أبو كامل بخصوص الخوارزمي: «هو أول من توصل لكتاب **الجبر والمقابلة** وهو من بدأه واخترع جميع ما فيه من أسس». انظر: أبو كامل، مخطوطة قرة مصطفى، ٣٧٩، الورقة ٢ظ. ولقد كتب أبو كامل أيضاً: «لقد أثبتُّ في كتابي الثاني، **الوصايا بالجبر**، الحجة على أن السطوة والأسبقية في الجبر والمقابلة هي لمحمد بن موسى الخوارزمي ورددت طيش المدعو ابن برزة الذي ينسبه لعبد الحميد والذي يدعي بأنه جده». انظر: مصطفى بن عبد الله حاجي خليفة، **كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون**، عني بتصحيحه محمد شرف الدين يالتقايا ورفعت بيلكه الكليسي، ٢مج (استانبول: طبع بعناية وكالة المعارف، ١٩٤١ ـ ١٩٤٣)، مج ٢، ص ١٤٠٧ ـ ١٤٠٨. وبإمكاننا تقديم المزيد من الشهادات التي تكثر في هذا المعنى. فسنان بن الفتح الذي لا يذكر في مقدمة كتيبه سوى الخوارزمي، يؤكد أن الجبر يعود له: «ألف محمد بن موسى الخوارزمي كتاباً أسماه **الجبر والمقابلة**».

(٥) نقول اليوم أيضاً الشكل «الطبيعي» أو «القانوني» (Canonique). (المترجم).

(٦) الكلمة غربية مشتقة من اسم الخوارزمي، التعبير بالعربية: «الخوارزميات». (المترجم).

مفهوم المعادلة يظهر في كتاب الخوارزمي لكي يدل على فئة لانهائية من المسائل، لا كما يظهر مثلاً عند البابليين، في مجرى حل هذه أو تلك من المسائل. ومن جهة أخرى، فإن المعادلة لا تُولد في مجرى حل المسائل المطروحة كما عند البابليين أو عند ديوفنطس لكنها تتقدم منذ البدء انطلاقاً من تعابير أولية، تنتج عن ترتيبها وتوفيقاتها جميع الصيغ الممكنة لهذه المعادلة. فقد أعطى الخوارزمي، مباشرة بعد تقديمه للتعابير الأولية، الأصناف الستة التالية للمعادلات:

$$ax^2 = bx \quad , \quad ax^2 = c \quad , \quad bx = c \ ,$$

$$ax^2 + bx = c \ , \quad ax^2 + c = bx \ , \quad ax^2 = bx + c$$

ومن ثم أدخل مفهوم ما نسميه اليوم «الصيغة المنتظمة»(٧) فارضاً إرجاع كل من هذه المعادلات إلى الصيغة الطبيعية التي تقابلها، حيث تأخذ المعادلات ثلاثية الحد مثلاً الأشكال التالية:

$$x^2 + px = q \quad , \quad x^2 = px + q \quad , \quad x^2 + q = px. \qquad (١)$$

بعد ذلك، يُدخِل الخوارزمي خوارزميات الحلول. وهنا يعالج كل حالة على حدة ويحصل على صيغ مكافئة للتعابير التالية:

$$x = \left[\left(\frac{p}{2}\right)^2 + q\right]^{\frac{1}{2}} - \frac{p}{2} \ , \ x = \frac{p}{2} + \left[\left(\frac{p}{2}\right)^2 + q\right]^{\frac{1}{2}} \ , \ x = \frac{p}{2} \pm \left[\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q\right]^{\frac{1}{2}}$$

إذا كان $\left(\frac{p}{2}\right)^2 > q$

وفي الحالة الأخيرة هذه يحدِد(٨) أنه إذا كان $q = \left(\frac{p^2}{2}\right)$، «فجذر المال (أي المربع) مثل نصف الأجذار سواء لا زيادة ولا نقصان»؛ وإذا كان $\left(\frac{p}{2}\right)^2 < q$ «فالمسألة مستحيلة».

كما أن الخوارزمي قد برهن مختلف صيغ الحلول، لا جبرياً بل عن طريق مفهوم تساوي المساحات. وفي هذا المجال، من المحتمل أن يكون قد استوحى معرفة حديثة العهد له بـ **أصول** إقليدس الذي ترجمه إلى العربية زميله في «بيت الحكمة» الحجاج بن مطر. وقدم الخوارزمي كلًا من هذه البراهين بوصفها «علة» الحل. ولم يكتف باشتراط تقديم برهان لكل من الحالات المطروحة، بل اقترح أحياناً برهانين مختلفين لنفس الصنف من المعادلات. إن هذا التطلب يظهر بوضوح المسافة التي أضحت تفصل الخوارزمي لا عن البابليين فحسب،

---

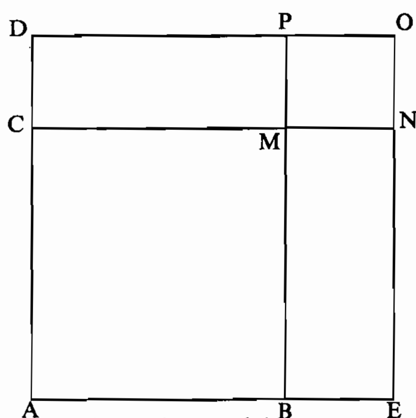
(٧) انظر الهامش رقم (٥) السابق.

(٨) انظر: الخوارزمي، **كتاب الجبر والمقابلة**، ص ٢٠ ـ ٢١.

وإنما، استناداً إلى المظهر المنهجي لهذا التطلب، عن ديوفنطس أيضاً.

فبالنسبة إلى المعادلة $x^2 + px = q$ مثلاً، يأخذ قطعتين مستقيمتين متعامدتين: $AB = AC = x$ ومن ثم يأخذ $CD = BE = \frac{p}{2}$ الشكل رقم (١١ ـ ١). فإذا كان مجموع المساحات $ABMC$ و $BENM$ و $DCMP$ يساوي q فمساحة المربع $AEOD$ تساوي $(\frac{p}{2})^2 + q$ ويكون بالتالي[٩]:

$$x = \left[\left(\frac{p}{2}\right)^2 + q\right]^{\frac{1}{2}} - \frac{p}{2}.$$



الشكل رقم (١١ ـ ١)

إن مفاهيم هذا الميدان الرياضي الجديد، وخاصة مفهوم «الشيء» أي المجهول، لا تشير عند الخوارزمي إلى كائن محدد خاص، إنما إلى كائن مجرد يمكن أن يكون رقمياً أو هندسياً دون أي فارق. أضف إلى ذلك أن طرق حلوله (خوارزمياته) هي أيضاً مواضيع مجردة في عملية الحل. وهنا تكمن العناصر الأساسية من إسهام الخوارزمي. فلقد بات من المتوجب، بالنسبة إليه، إرجاع أي مسألة يعالجها الجبر، حسابية أكانت أم هندسية، إلى مسألة بمجهول واحد، من الدرجة الثانية على الأكثر، معاملاتها أعداد منطقة موجبة. بعد ذلك يتوجب تطبيق العمليات الجبرية ـ المناقلة والاختزال ـ لكي توضع المعادلة على شكلها المنتظم، وعند ذلك تجوز فكرة الحل كإجراء تنفيذي بسيط للخوارزمية المناسبة لهذا الشكل. بعد ذلك يبرر صيغة الحل رياضياً، عن طريق نموذج برهان هندسي أولي. وبوصوله إلى هذا الحد يستطيع الخوارزمي أن يكتب أن: «كل ما يُعمل به من حساب الجبر والمقابلة، لا بد أن يُخرجك إلى أحد الأبواب الستة التي وصفت في كتابي هذا»[١٠].

وبعد هذه المعالجة للمعادلات يقوم الخوارزمي بدراسة مقتضبة لبعض خصائص تطبيق القوانين الابتدائية لعِلم الحساب على التعابير الجبرية الأبسط، فيدرس ضرب العوامل من النوع:

$$(a \pm bx).(c \pm dx)$$

(٩) المصدر نفسه، ص ٢١ ـ ٢٢.

(١٠) المصدر نفسه، ص ٢٧.

حيث تكون a، b، c، وd أعداداً منطقة (ضمن المجموعة $\mathbf{Q}_+$).

ومهما بدت هذه الدراسة بدائية فهذا لن ينقص من كونها المحاولة الأولى المكرسة للحساب الجبري، بصفته الجبرية. ذلك لأن عناصر هذا الحساب توجد عنده كمواضيع لفصول قائمة بذاتها نسبياً. وقد أَتْبَعَ الخوارزمي هذه الفصول بأخرى يعمد فيها إلى تطبيق النظرية التي أنشأها من أجل حل المسائل العددية والهندسية قبل معالجته في النهاية المسائل المتعلقة بالإرث والتعاقب، حيث يلاقي بعض مسائل التحليل السيال (غير المحدد).

هكذا يبدو الجبر إذن في بدايته، كنوع من الحساب أكثر شمولية مما سُمِي «باللوجستية»، لأنه يسمح بحل مسائلها بمزيد من الدقة والصرامة وذلك بفضل مفاهيمه، كما أنه أيضاً أكثر شمولية من هندسة مِترية (قياسية). هذا الحقل العلمي الجديد هو في الواقع نظرية للمعادلات الخطية والتربيعية ذات المجهول الواحد القابلة للحل بواسطة الجذور، تتناول الحسابات الجبرية على التعابير الجبرية الملازمة لهذه المعادلات، دون أن تكون فكرة الحدوديات (Polynômes، أو كثيرات الحدود) قد أُدركت بعد.

خلفاء الخوارزمي وتطور الحساب الجبري

ولكي نُدرك جيداً الفكرة التي كوّنها الخوارزمي حول هذا الحقل العلمي الجديد ومدى خصوبة هذا الحقل ينبغي بالطبع ألا نكتفي بمقارنة كتابه مع المؤلفات الرياضية القديمة، بل أن نتفحص أيضاً تأثيره في معاصريه ومن أتوا بعده. عند ذلك فقط سينتصب هذا الكتاب بكل هامته مرتدياً بعده التاريخي. ونشير هنا إلى أن أحد الملامح الأساسية لهذا الكتاب هو كونه قد أثار، فور صدوره، تياراً من الأبحاث الجبرية. فابن النديم كاتب **الفهرست قد ترك**، ومنذ القرن العاشر، لائحة طويلة بمعاصري الخوارزمي وخلفائه الذين تابعوا بحثه. تضم هذه اللائحة ابن ترك وسند بن علي، والصيدناني، وثابت بن قرة، وأبا كامل وسنان بن الفتح والحبوبي وأبا الوفاء البوزجاني. وعلى الرغم من ضياع العديد من مؤلفات هؤلاء إلا أن ما توصل منها إلى يومنا يكفي لإعادة رسم الخطوط الكبرى لهذا التقليد. ولا شك بأن حدود هذا الفصل لن تسمح لنا بتحليل كل من هذه الإسهامات، إلا أننا سنحاول فقط إظهار أبرز المحاور لتطور الجبر من بعد الخوارزمي.

لقد شهدت الفترة التي عاش خلالها الخوارزمي والفترة التي تلتها مباشرة، توسعاً في الأبحاث التي بدأها والتي تناولت ميادين: نظرية المعادلات التربيعية، الحسابات الجبرية، التحليل غير المحدد وتطبيق الجبر على مسائل الإرث والاقتسام... إلخ. ولقد تطورت الأبحاث التي تناولت نظرية المعادلات نفسها، في اتجاهات متعددة. أول هذه الاتجاهات هو ذلك الذي رسمه الخوارزمي نفسه، لكن مع تحسن في البراهين المعتمدة على نموذج

هندسي: وهو الاتجاه الذي اتبعه ابن ترك[11]، الذي لم يضف جديداً إلى البراهين إنما استعادها بمزيد من التركيز. أما الاتجاه الذي اتخذته أبحاث ثابت بن قرة بعد ذلك بقليل فأكثر أهمية من التي قام بها سابقه. ذلك أن ابن قرة قد عاد في الواقع إلى **أصول** إقليدس محققاً هدفين: تحقيق براهين هندسية أشد صلابة وتقديم ترجمة هندسية لمعادلات الدرجة الثانية. والجدير بالذكر هنا أن ابن قرة هو أول من ميز بوضوح بين الطريقتين الجبرية والهندسية، وأنه سعى ليبرهن أنهما تؤديان إلى النتيجة نفسها، وذلك بتفسيره الهندسي للطرائق الجبرية. فإن ابن قرة يبدأ بتبيان أن المعادلة $x^2 + px = q$ يمكن أن تحل بواسطة القضية السادسة في المقالة الثانية من **الأصول**. وفي نهاية برهانه يقول: «وهذا المسلك موافق لمسلك أصحاب الجبر»[12]. ويعيد الكرة بالنسبة إلى المعادلتين $x^2 + q = px$ و $x^2 = px + q$ مستخدماً على التوالي القضية الخامسة في المقالة الثانية والقضية السادسة في المقالة الثانية من **الأصول**؛ ويبرهن بالنسبة إلى كل من هاتين المعادلتين توافق هذا الحل مع الحل الجبري ويقول: «وسبيل هذه المسألة سبيل التي قبلها في موافقة طريق استخراجها بالهندسة طريق استخراجها بالجبر»[13].

ويؤكد خلفاء ابن قرة هذه النتائج. فقد كتب أحدهم: «وقد تبين مما قدمنا أن التدبير الذي خرجت به أضلاع الأموال المجهولة في كل واحد من هذه المقترنات الثلاثة هو التدبير الذي أورده إقليدس في أواخر المقالة السادسة من كتابه في **الأصول**، وهو إضافة سطح متوازي الأضلاع إلى خط معلوم يزيد على تمامه أو ينقص عنه مربعاً، وذلك أن ضلع المربع الزائد هو ضلع المال المجهول في المقترن الأول، وفي المقترن الثاني هو ضلع المربع الناقص، وفي المقترن الثالث هو مجموع الخط المضاف إليه السطح وضلع المربع الزائد وذلك ما أردنا بيانه»[14].

وسوف يكون لنا عودة للتذكير بترجمة ابن قرة الهندسية لمعادلات الخوارزمي، حيث ستظهر أهميتها الخاصة في تطور نظرية المعادلات الجبرية. أما الآن فسوف نشير إلى ترجمة من نوع آخر، تزامنت تقريباً مع الأولى، وأثرت أيضاً بشكل أساسي في تطور النظرية نفسها: نقل مسائل الهندسة بتعابير تعود للجبر. فلم يكتفِ الماهاني، وهو معاصر لابن

---

(١١) انظر: Aydin Mehmed Sayili, *Logical Necessity in Mixed Equations by 'Abd al-Ḥāmid Ibn Turk and the Algebra of His Time,* Türk Tarih Yayinlarïdan; ser. 7, no. 41 (Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1962), pp. 145 sqq.

(١٢) انظر: ثابت بن قرة، **في تصحيح مسائل الجبر بالبراهين الهندسية** (مخطوطة توبكابي سراي، أحمد الثالث، ٢٠٤١)، الورقة ٢٤٥ر.

(١٣) المصدر نفسه، الورقة ٢٤٦ظ.

(١٤) مخطوطة مجهولة المؤلف، رقم ٥٣٢٥، اسطان قدس، مشهد، الورقة ٢٩ر-ظ، وهي مخطوطة منسوبة خطأ إلى أبي كامل، منسوخة عام ٥٨١ هـ/ ١١٨٥م.

قرة، ببدء ترجمة بعض المسائل التربيعية المضاعفة من الكتاب العاشر لـ **الأصول**، إلى معادلات جبرية. لكنه أيضاً ترجم مسألة مجسمة («صلبة») واردة في كتاب أرخميدس **الكرة والأسطوانة**، إلى معادلة من الدرجة الثالثة(١٥).

ونذكر أيضاً اتجاهاً آخر تطورت فيه نظرية المعادلات في ذلك العصر، هو الاتجاه الذي رسمه البحث في المعادلات التربيعية بشكلها العام:

$$ax^{2n} = bx^n + c \quad , \quad ax^{2n} + c = bx^n \quad , \quad ax^{2n} + bx^n = c.$$

الذي نراه عند أبي كامل وسنان بن الفتح وغيرهما.

وقد تطورت الحسابات الجبرية وتوسعت من بعد الخوارزمي. وقد يكون هذا الموضوع هو الأهم والأوسع انتشاراً الذي شارك فيه الرياضيون الذين أتوا من بعده. فلقد بدأت قوة المجهول بالتزايد إلى أن بلغت السادسة عند أبي كامل وسنان بن الفتح(١٦). وهذا الأخير يحدِد قوى المجهول ضربياً بينما يحددها أبو كامل جمعياً(١٧). لكن العمل الجبري لأبي كامل يشكل علامة بارزة في عصره كما في تاريخ الجبر(١٨). فهو يدمج في كتابه، بالإضافة إلى توسيع الحسابات الجبرية فصلاً جديداً في الجبر هو التحليل السيال (غير المحدد) أو التحليل الديوفنطسي المنطق. فبعد أن يعالج مجدداً نظرية المعادلات مقدماً براهين أكثر صرامة من تلك التي قدمها سابقه، نراه يدرس بمزيد من التعمق والاتساع العمليات الحسابية على ثنائيات الحدود وثلاثياتها حيث يبرهن في كل مرة النتيجة الحاصلة. كما أنه يذكّر ويُبرِّر قاعدة الإشارات ويبين قواعد الحساب على الكسور قبل أن ينتقل إلى معالجة أنظمة المعادلات الخطية المتعددة المجهولات وإلى المعادلات ذات المعاملات غير المنطقة كالتالية:

$$\left(x^2 + \frac{1}{\sqrt{2}}x\right)^2 = 4x^2 \quad , \quad \frac{\sqrt{10}x}{(2+\sqrt{3})} = x - 10.$$

ويدخل أبو كامل في «جبره» وسائط عددية مساعدة قد يكون بعضها موجوداً في كتاب مفقود للخوارزمي ومنها:

$$\sum_{k=1}^{n} k \quad , \quad \sum_{k=1}^{n} k^2 \quad , \quad \sum_{k=1}^{n} 2k.$$

---

(١٥) انظر: أبو العباس أحمد بن محمد بن البناء، **كتاب في الجبر والمقابلة** (مخطوطة دار الكتب، رياضة م)، الورقة ٢٦و - ظ.

(١٦) حول قوى المجهول عند سنان بن الفتح، انظر: Roshdi Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* collection sciences et philosophie arabes (Paris: Les Belles lettres, 1984), p. 21, note (11).

(١٧) جمعياً: بواسطة عملية الجمع، وضربياً: بواسطة عملية الضرب.

(١٨) انظر: أبو كامل، مخطوطة قرة مصطفى، ٣٧٩، الورقة ٢ظ.

وبعد ذلك يدرس العديد من المسائل التي تتحول إلى معادلات من الدرجة الثانية.

نرى، إذن، أن أبحاث خلفاء الخوارزمي، وأبرزهم أبو كامل، قد ساهمت في نظرية المعادلات كما في توسيع الحساب الجبري إلى حقلي الأعداد المنطقة والأعداد غير المنطقة. ولقد كان لبحث أبي كامل حول التحليل السيال (غير المحدد) أثراً هائلاً على تطور هذا الميدان الذي اكتسب بفضله معنىً جديداً ووضعاً جديداً. فهذا التحليل الذي انطلق من الجبر أضحى يشكل فصلاً من أي عمل يهدف إلى الإحاطة بهذه المادة العلمية.

حَسْبَنة الجبر: الكَرَجي وخلفاؤه

ليس بالإمكان إطلاقاً فهم تاريخ الجبر إذا لم نشِر إلى إسهامات تيارين من الأبحاث تطورا خلال الفترة التي تعرضنا لها في الفقرة السابقة.

أول هذين التيارين درس الكميات غير المنطقة إما عبرَ قراءة الكتاب العاشر من **الأصول**، أو من خلال طريق أخرى مستقلة. ومن بين الرياضيين الذين شاركوا في هذه الأبحاث، نستطيع ذكر بعض الأسماء كالماهاني وسليمان بن عصمة والخازن والأهوازي ويوحنا بن يوسف والهاشمي... ومن البديهي ألا نذكر هنا بإسهاماتهم، لكن لا بد لنا من ملاحظة حدثين تكونا خلال القيام بهذه الدراسات. الأول هو تنشيط الحسابات على الكميات غير المنطقة، أما الثاني فيتلخص ببداية قراءة جديدة لبعض فصول الكتاب العاشر من **الأصول**، على ضوء جبر الخوارزمي. ولكي لا نكثر من سرد الأمثلة، لنأخذ كمثل وحيد الطريقة التي استخدمها الماهاني في البحث عن الجذر التربيعي لخمس «مُنفصلات»[١٩] (Apotomes)[٢٠]. فلكي يستخرج جذر أول «مُنفصل» (Apotome) يقترح الماهاني أن «نستخدم طريقة الجبر والمقابلة»[٢١] أي أن نضع: $a = x + y$ و $b = 4xy$ فنتحول إلى المعادلة: $x^2 + \frac{b}{4} = ax$. بعد ذلك نحدد الجذر الموجب x_0 ونستنتج y_0 ونحصل على:

$$\sqrt{a - \sqrt{b}} = \sqrt{x_0} - \sqrt{y_0}\ .$$

ومن ثم يعيد الماهاني الكرّة فيما يخص المنفصلات الأربعة التالية، فيتحول، بخصوص

---

(١٩) ترجمها العرب من اليونانية تحت اسم «المنفصلات» مثل الأعداد من الشكل $a - \sqrt{b}$ حيث $\sqrt{b} \notin Q$.

(٢٠) ليكن $a + \sqrt{b}$ مجموع حدين بحيث يكون:

$$a \in Q \qquad b \in Q \qquad a > \sqrt{b} \qquad \sqrt{b} \notin Q \qquad \frac{\sqrt{a^2 - b}}{a} \in Q$$

فنقول إن $a - \sqrt{b}$ هو «المنفصل» (Apotome) الأول.

(٢١) انظر: الماهاني، **تفسير المقالة العاشرة من كتاب إقليدس** (مخطوطة المكتبة الوطنية، باريس، ٢٤٥٧)، الأوراق ١٨٠ظ - ١٨٧و وبخاصة الورقة ١٨٢و.

المنفصل الثاني مثلاً ـ وهو $(\sqrt{b}-a)$، حيث $a = 5$ و $b = 45$ إلى المعادلة:

$$x^4 + \frac{625}{16} = \frac{65}{2}x^2.$$

لذلك فإن أعمال هؤلاء الرياضيين لم تساعد فقط على توسيع الحسابات الجبرية لكي تشمل الأعداد غير المنطقة، لكنها سمحت أيضاً بالتأكيد على شمولية الوسائل الجبرية.

أما التيار الثاني من الأبحاث فقد أثارته ترجمة علم الحساب لديوفنطس إلى العربية وخاصة القراءة الجبرية لهذا الكتاب. فلقد ترجم قسطا بن لوقا في العام ٨٧٠م سبعة من كتب **علم الحساب** المذكور تحت عنوان **فن الجبر**[٢٢]، وهو عنوان صارخ الدلالة. ولقد استخدم المترجم لغة الخوارزمي في نقله تعابير ديوفنطس اليونانية لاوياً بذلك محتوى هذا الكتاب نحو المادة العلمية الجديدة. وعلى الرغم من أن حساب ديوفنطس ليس عملاً جبرياً بالمعنى الخوارزمي، إلا أنه يحتوي تقنيات حسابية جبرية شديدة الأهمية قياساً على عصرها: إبدال، حذف، تبديل في المتغيرات... إلخ. ولقد كان **علم الحساب** هذا موضوعاً لتعليقات وشروحات العديد من الرياضيين من أمثال المترجم بالذات، قسطا بن لوقا، في القرن العاشر، وأبي الوفاء البوزجاني في القرن الذي تلاه، لكن هذه النصوص مفقودة مع الأسف. ونعلم فقط أن أبا الوفاء أراد في شروحاته أن يبرهن الحلول الديوفنطسية. كما أنه، في نص وصل إلينا، قد برهن صيغة ذي الحدين التي استُخدِمت كثيراً في حساب ديوفنطس في حال كون القوة n تساوي ٢ أو ٣[٢٣].

إن هذا التقدم الذي شهدته الحسابات الجبرية، إن من حيث توسُعها لتتناول حقولاً أخرى، أو من حيث كمية النتائج التي توصلت إليها، قد أدى إلى تجديد في هذه المادة العلمية الجديدة التي هي الجبر. فمن بعد الخوارزمي بقرن ونصف من الزمن تصور الرياضي البغدادي الكرجي مشروعاً آخر للبحث. هذا المشروع هو تطبيق علم الحساب على الجبر، أي الدراسة المنهجية لتطبيق قوانين علم الحساب وبعض خوارزميات هذا العلم على التعابير الجبرية وبالأخص على كثيرات الحدود. إن إجراء هذه الحسابات على التعابير الجبرية من الشكل:

$$f(x) = \sum_{k=-m}^{n} a_k\, x^k$$

(حيث m وn أعداد صحيحة موجبة) قد أضحى، بالتحديد، الموضوع الأساسي للجبر. ولا شك أن نظرية المعادلات الجبرية استمرت حاضرة في الأعمال الجبرية ولكنها لم تعد

---

(٢٢) انظر: Diophante, *Les Arithmétiques*, texte établi et traduit par Roshdi Rashed, collection des universités de France (Paris: Les Belles lettres, 1984).

(٢٣) أبو الوفاء البوزجاني، **في جمع أضلاع المربعات والمكعبات وأخذ تفاضلها** (مخطوطة، ٥٥٢١، اسطان قدس، مشهد).

تحتل سوى مكان متواضع في اهتمامات الجبريين. ومن هنا نستطيع أن نفسر التبدُلات التي طرأت على كتب الجبر محتوىً وتنظيماً.

ولقد كرّس الكرجي لهذا المشروع الجديد عدة كتابات منها **الفخري** و**البديع**. وهذان الكتابان شكّلا مواضيع لدراسات وشروحات وتعليقات الرياضيين منذ ذلك الحين وحتى القرن السابع عشر. هذا يعني أن عمل الكرجي احتل المكان المركزي من البحث في مجال الجبر الحسابي خلال قرون طويلة، بينما أضحى كتاب الخوارزمي بمثابة عرض تاريخي هام تتناوله فقط تعليقات الرياضيين من المرتبة الثانية. ومن دون أن نسترجع هنا تاريخ قرون ستة من الجبر، نستطيع تسليط الضوء على الأثر البالغ لعمل الكرجي وذلك عن طريق الالتفات إلى أحد خلفائه من القرن الثاني عشر وهو السموأل (ت ١١٧٤م). يدمج هذا الأخير في مؤلفه الجبري **الباهر** الكتابات الأساسية للكرجي وخاصة الكتابين السابقي الذكر.

يبدأ السموأل بتحديد مفهوم القوة الجبرية بكل عمومياتها[٢٤]. وبفضل التحديد $x^0 = 1$، يعطي القاعدة المكافئة للصيغة $x^m.x^n = x^{m+n}$ حيث $m \in Z$ و $n \in Z$. تأتي بعد ذلك العمليات الحسابية على الحدود (المفردة) وعلى كثيرات الحدود (الحدوديات)؛ وهنا نخص بالذكر عملية قسمة الحدوديات وكذلك تقريب كسورها بعناصر من الحلقة التي تؤلفها مجموعة هذه الحدوديات، كالتقريب التالي:

$$\frac{f(x)}{g(x)} = \frac{20x^2+30x}{6x^2+12} \approx \frac{10}{3} + \frac{5}{x} - \frac{20}{3x^2} - \frac{10}{x^3} + \frac{40}{3x^4} + \frac{20}{x^5} - \frac{80}{3x^6} - \frac{40}{x^7},$$

فيحصل على توسيع محدود للكسر $\frac{f(x)}{g(x)}$ لا يصح إلا عند اتخاذ x قيمة كبيرة بما يكفي.

بعد ذلك نجد مسألة استئصال الجذر التربيعي للحدوديات ذات المعاملات المنطقة. وقد كرس الكرجي لكل هذه الحسابات على الحدوديات كتاباً مفقوداً إلى اليوم، لكنه لحسن الحظ مذكور من قبل السموأل. في هذا الكتاب يتصدى الكرجي لتبيان صيغة توسيع «ذي الحدين» وجدول معاملاته:

(٢٤) إليكم ما يكتب السموأل بعد تسجيل القوى في جدول، من الجهتين التي يقع بينهما x^0: «كما أن المراتب المتناسبة المبتدئة من الآحاد تتوالى على نسبة العشر بغير نهاية؛ كذلك نتوهم في الجهة الأخرى مراتب الأجزاء [من العشر تتوالى] على تلك النسبة ومرتبة الآحاد كالواسطة بين مراتب العدد الصحاح التي تتضاعف آحادها على نسبة العشر وأمثاله بغير نهاية وبين مراتب الأجزاء المتجزئة بغير نهاية»... «فإن كانا في جهتين مختلفتين [من الواحد] عددنا من مرتبة أحد المضروبين بقدر بُعدِ المضروب الآخر عن الواحد، ويكون العدد من جهة الواحد وإن كانا في جهة واحدة عددنا في خلاف جهة الواحد». انظر: السموأل بن يحيى بن عباس المغربي، **الباهر في الجبر**، ملحوظات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدي راشد، سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠ (دمشق: جامعة دمشق، ١٩٧٣)، ص ١٩.

$$(a+b)^n = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} a^{n-k}\, b^k \qquad n \in N.$$

وقد شكل سعيه لبرهان هذه الصيغة مناسبة ظهر خلالها مبدأ الاستقراء التام المحدود (في شكل بدائي) كوسيلة في مجرى عملية الحل في الرياضيات. ومن بين وسائل الحساب المساعد يعطي السموأل، على خطى الكرجي حصائل جمع العديد من المتواليات الحسابية مثل:

$$\ldots \text{،} \sum_{k=1}^{n} k(k+1) \text{ ،} \left(\sum_{k=1}^{n} k\right)^2 \text{ ،} \sum_{k=1}^{n} k^2 \text{ ،} \sum_{k=1}^{n} k$$

مضيفاً ما يلزم من براهين.

بعد ذلك يُطرح السؤال التالي: «كيف يمكن إجراء الضرب والقسمة والجمع والطرح واستخراج الجذور على المقادير الصماء»؟[٢٥] والجواب عن هذا السؤال يقود الكرجي وخلفاءه إلى قراءة جبرية للكتاب العاشر من **الأصول** وإلى تعميم لانهائي للحدود ولثنائيات الحدود المستعملة في هذا الكتاب وإلى اقتراح قواعد نجد من بينها قواعد الماهاني مصوغة بشكل صريح:

$$x^{\frac{1}{m}} = (x^n)^{\frac{1}{mn}} \quad \text{وَ} \quad \left(x^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{m}} = \left(x^{\frac{1}{m}}\right)^{\frac{1}{n}}$$

إضافة إلى قواعد أخرى كالتالية:

$$\left(x^{\frac{1}{m}} \pm y^{\frac{1}{m}}\right) = \left[y^{\frac{1}{m}}\left(\left(\frac{x}{y}\right)^{\frac{1}{m}} \pm 1\right)^m\right]^{\frac{1}{m}}$$

ونجد أيضاً فصلاً هاماً حول التحليل الديوفنطسي المنطق وآخر حول حل أنظمة المعادلات الخطية المتعددة المجهولات. ونشير هنا إلى أن السموأل يقدم نظاماً من ٢١٠ معادلات خطية، في عشرة مجاهيل.

فانطلاقاً من أعمال الكرجي، نلاحظ إذن تشكل تيار من البحث في الجبر وتكون تقليد يسهل التعرف عليه من حيث محتوى وتنظيم أي من الأعمال التي تنتمي إليه. وهي أعمال لا تحصى تقريباً حسب تعبير ابن البناء[٢٦]. وبين الذين ينتمون إلى هذا التقليد نجد أساتذة السموأل: الشهرزوري، ابن أبي تراب، وابن الخشاب، كما نجد السموأل نفسه وابن الخوام، والتنوخي، وكمال الدين الفارسي، وابن البناء، وفيما بعد الكاشي واليزدي... إلخ.

(٢٥) المصدر نفسه، ص ٣٧.

(٢٦) ابن البناء، **كتاب في الجبر والمقابلة**، الورقة ١.

وعلى الرغم من أن الفصل المتعلق بنظرية المعادلات لم يكن في مركز اهتمامات هذا التيار إلا أنه لم يراوح مكانه بل حقق بعض التقدم. فلقد عالج الكرجي، على خطى أسلافه، المعادلات التربيعية. أما من أتوا بعده فقد حاولوا دراسة المعادلات من الدرجتين الثالثة والرابعة. فلقد تعرض السُلَمي، في القرن الثاني عشر للمعادلة التكعيبية محاولاً إيجاد حل لها بواسطة الجذور(٢٧).

ويشكل هذا النص للسُلَمي شهادة على اهتمام رياضيي عصره بحل معادلات الدرجة الثالثة عن طريق الجذور. وفي هذا المجال يعتبر السلمي أن الصنفين التاليين:

$$x^3 + ax^2 + bx = c \quad , \quad x^3 + bx = ax^2 + c$$

هما صنفان قابلان للحل؛ ولكنه يضيف الشرط $a^2 = 3b$ ومن ثم يعطي حلاً لكل منهما:

$$x = \left(\frac{a^3}{27} + c\right)^{\frac{1}{3}} - \frac{a}{3} \quad , \quad x = \left(c - \frac{a^3}{27}\right)^{\frac{1}{3}} + \frac{a}{3}.$$

ويمكن تلخيص مَسعى السلَمي كما يلي: يبدأ برّد المعادلة إلى شكلها المنتظم عن طريق تحويل أفيني؛ لكنه بدل أن يبحث عن مميز المعادلة يُعدم معامل القوة الأولى للمجهول لكي يرد الحل إلى مسألة استخراج لجذر تكعيبي. فالتحويل الأفيني $x \to y - \frac{a}{3}$، يحوِل المعادلة الأولى إلى:

$$y^3 + py - q = 0$$

حيث:

$$q = c + \frac{a^3}{27} + \left(b\frac{a}{3} - \frac{a^3}{9}\right) \quad \text{و} \quad p = b - \frac{a^2}{3}$$؛

وبوضع $b = \frac{a^2}{3}$، نحصل على:

$$y^3 = c + \frac{a^3}{27} \, ,$$

ومنها نحصل على y وبعدها على x.

إن هذه المحاولات المنسوبة إلى المعلم داردي(٢٨)، وهو رياضي إيطالي من القرن الرابع

(٢٧) السُلَمي، المقدمة الكافية في حساب الجبر والمقابلة (مجموعة بول سباث، رقم ٥)، الورقتان ٩٢ظ - ٩٣و.

(٢٨) انظر: W.van Egmond, «The Algebra of Master Dardi of Pisa,» *Historia Mathematica,* vol. 10 (1983), pp. 399-421.

عشر، هي من المحاولات التي ترددت كثيراً في التقليد الجبري للكرجي. فلقد حاول الرياضي ابن البناء[٢٩] العمل في هذا الاتجاه، على الرغم من اعترافه الصريح بصعوبة حل بواسطة الجذور للمعادلات التكعيبية باستثناء المعادلات ذات الشكل $x^3 = a$.

فقد أخذ المعادلة

$$x^4 + 2x^3 = x + 30, \qquad (*)$$

التي حلها بتحويلها إلى:

$$x^4 + 2x^3 + x^2 = x^2 + x + 30,$$

ومن ثم إلى:

$$(x^2 + x)^2 = x^2 + x + 30,$$

وبوضع $y = x^2 + x$، يكون لدينا:

$$y^2 = y + 30,$$

ذات الحل (الموجب) $y = 6$. بعد ذلك تحل المعادلة $x^2 + x = 6$ فتعطي $x = 2$ كحل (مُوجب) للمعادلة (*).

إن المعرفة الدقيقة لإسهامات رياضيي هذا التقليد في حل المعادلات التكعيبية ومعادلات الدرجة الرابعة، بحاجة لمزيد من الدراسة والوقت. لكن، خلافاً للاعتقاد الذي كان سائداً، فإن ما تقدم من شهادات يدل على أن بعض خلفاء الكرجي قد حاول الذهاب إلى أبعد مما توصل إليه هذا الرياضي.

هندسة الجبر: الخيام

حاول الجبريون «الحسابيون»[٣٠] حل المعادلات بواسطة الجذور وأرادوا تبرير خوارزميات حلولهم. وقد نجد أحياناً، عند بعضهم (مثل أبي كامل) تبريرين، أحدهما هندسي والآخر جبري. وفيما يتعلق بالمعادلة التكعيبية، لم يكن ينقصهم الحل بواسطة الجذور وحسب، إنما أيضاً تبرير الخوارزمية المتبعة، وذلك لتعذر بناء الحل بواسطة المسطرة والبركار. ولقد وعى رياضيو ذلك التقليد تماماً هذا الواقع، فكتب أحدهم في العام ١١٨٥م: «وذلك لأن المجهول الذي يُحتاج إلى استخراجه ومعرفته في كل واحد من هذه المقترنات هو ضلع المكعب المذكور فيها ويؤدي تحليله إلى إضافة مجسم متوازي السطوح

---

(٢٩) ابن البناء، **كتاب في الجبر والمقابلة**، الورقة ٢٦و - ظ.

(٣٠) من التقليد الحسابي: الكرجي ـ السموأل. . .

معلوم إلى خط معلوم يزيد على تمامه أو ينقص مكعباً ولا يتركب ذلك إلا باستعمال القطوع المخروطية»[٣١].

واللجوء الصريح إلى القطوع المخروطية، بهدف حل المعادلات التكعيبية، قد تبع، من دون إبطاء، الترجمات الجبرية الأولى للمسائل المجسمة. ولقد أتينا فيما تقدم على ذكر تَعَرُض الماهاني في القرن التاسع للميلاد لِ **مقدمة أرخميدس**[٣٢]. ولم تتأخر بعد ذلك كتابة المسائل المجسمة الأخرى، مثل تثليث الزاوية ومسألة المتوسطين، وخاصة مسألة المسبع المنتظم، بواسطة تعابير جبرية. لكن الصعوبات التي تقدم ذكرُها بما فيها حل معادلة الدرجة الثالثة بواسطة الجذور، حَدَت بالرياضيين من أمثال الخازن وابن عراق وأبي الجود بن الليث والشني. . . إلى ترجمة هذه المسألة إلى لغة الهندسة[٣٣]. فإذا بها تتحول إلى مسألة يستطيعون

---

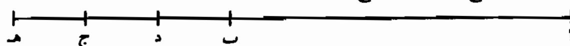
(٣١) انظر: مخطوطة مجهولة المؤلف، رقم ٥٣٢٥، اسطان قدس، مشهد، الورقة ٢٥ . وهي مخطوطة منسوبة خطأً إلى أبي كامل.

(٣٢) يقدم الخيام بأسلوبه الخاص تاريخ هذه القضية على الشكل التالي، في مؤلفه الجبري الشهير:

«وإن فيها [أي في صناعة الجبر والمقابلة] أصنافاً يُحتاج فيها إلى أصناف من المقدمات معتاصة جداً، متعذر حلها على أكثر الناظرين فيها. أما المتقدمون فلم يصل إلينا منهم كلام فيها. لعلهم لم يتفطنوا لها بعد الطلب والنظر أو لم يضطر البحث إياهم إلى النظر فيها أو لم ينقل إلى لساننا كلامهم فيها، وأما المتأخرون فقد عن للماهاني منهم تحليل المقدمة التي استعملها أرشميدس مسلمة في الشكل الرابع من المقالة الثانية من كتابه **في الكرة والأسطوانة** ـ بالجبر، فتأدى إلى كعاب وأموال وأعداد متعادلة فلم يتفق له حلها بعد أن أفكر فيها ملياً. فجزم القضاء بأنه ممتنع حتى نبغ أبو جعفر الخازن وحلها بالقطوع المخروطية، ثم افتقر بعده جماعة من المهندسين إلى عدة أصناف منها، فبعضهم حل البعض، وليس لواحد منهم في تعديد أصنافها وتحصيل أنواع كل صنف منها والبرهان عليها كلام يعتد به إلا على صنفين سأذكرهما. وإني، < و > لم أزل، كنت شديد الحرص على تحقيق جميع أصنافها وتمييز الممكن من الممتنع في أنواع كل صنف ببراهين لمعرفتي بأن الحاجة إليها في مشكلات المسائل ماسة جداً. ولم أتمكن من التجرد لتحصيل هذا الخير والمواظبة على الفكر فيه لاعتراض ما كان يعوقني عنه من صروف الزمان، فإنا قد منينا بانقراض أهل العلم، إلا عصابة قليلي العدد كثيري المحن، همهم افتراص غفلات الزمان ليتفرغوا في أثنائها إلى تحقيقٍ وإتقان علم». إن هذا النص أساسي في تاريخ المعادلات التكعيبية؛ انظر: عمر الخيام، **رسائل الخيام الجبرية**، تحقيق وتحليل رشدي راشد وأحمد جبار، مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٣ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١)، ص ١١ ـ ١٢ (ص ١ ـ ٢ من النص العربي).

(٣٣) المصدر نفسه، ص ٨٢ ـ ٨٤ (ص ٩٠ ـ ٩١ من النص العربي):

«وأما المتقدمون الرياضيون من غير أهل لساننا فلم ينبهوا على شيء من هذا، أو لم يصل إلينا ولم ينقل إلى لساننا. وأما المتأخرون من أهل لساننا فأول من اضطر إلى صنف ثلاثي من هذه الأصناف الأربعة عشر هو الماهاني المهندس، فإنه كان يحل المقدمة التي أخذها أرشميدس مسلمة في شكل د من مقالة ب من كتاب **الكرة والأسطوانة**. وهي هذا الذي أذكره. قال أرشميدس: إن خطي أ ب، ب جـ معلوما القدر ومتصلان على استقامة، ونسبة ب جـ إلى جـ هـ معلومة فيكون جـ هـ معلوماً على ما تبين في المعطيات. ثم قال: ونجعل نسبة جـ د إلى جـ هـ كنسبة مربع أ ب إلى مربع أ د.



أن يطبقوا في دراستها تقنية درج استخدامها في عصرهم في معالجة المسائل المجسمة وهي تقنية القطوع المخروطية. وهنا بالتحديد يكْمن السبب الأساسي في ما نسميه «هندسة» نظرية المعادلات الجبرية (أي تحويلها إلى مسائل هندسية). إن الرياضيين لا يترجمون هذه المرة المعادلات الجبرية هندسياً لكي يجدوا الحل الهندسي الذي يقابل الحل الجبري الذي سبق وحصلوا عليه، على غرار ما فعل ثابت بن قرة، لكنهم يسعون، عن طريق الهندسة إلى تحديد الجذور الموجبة للمعادلة التي لم يتمكنوا بعد من تحديد جذورها بوسيلة أخرى. وفي هذا المجال بقيت مساعي الخازن والقوهي وابن الليث والشني والبيروني... إسهامات جزئية إلى أن صيغ مشروع الخيام: بناء نظرية هندسية للمعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. فلقد أراد الخيام (١٠٤٨ ـ ١١٣١م) أولاً تجاوُز الأبحاث الجزئية، أي التي تعود لهذه الصيغة أو تلك من صِيغ المعادلة التكعيبية، إلى بناء نظرية للمعادلات، مقترحاً في الوقت نفسه طريقة جديدة في الكتابة. فهو يدرس جميع أنواع معادلات الدرجة الثالثة، التي يصنفها حَسَب تَوَزع حدودها (الثابتة وذات الدرجات الأولى والثانية والثالثة) على طرفي المعادلة. ويجد الخيام، لكل من هذه الأصناف من المعادلات بناء لجذر موجب بواسطة تقاطع القطوع المخروطية. فبالنسبة إلى المعادلة: «مكعب يعادل أضلاعاً وعدداً» أي:

$$x^3 = bx + c \qquad (*)$$

حيث b وc عددان موجبان، لا يعتبر الخيام سوى الجذر الموجب. ولتحديد هذا الجذر يعمد

= ولم يقل كيف نعلم هذا، لأن هذا محتاج إلى قطوع المخروط باضطرار ولم يورد في الكتاب شيئاً مبنياً على القطوع إلا هذا، فأخذ هذا أيضاً مسلماً. والشكل الرابع هو في قسمة الكرة بسطح مستوٍ على نسبة معلومة. وكان الماهاني يستعمل ألفاظ الجبريين للتسهيل، فلما أدى التحليل إلى أعداد وأموال وكعاب متعادلة ولم يمكنه/ أن يستخرجه بقطوع المخروطات جزم القول بأن هذا ممتنع. فهذا الفاضل مع فضله وتقدمه في هذه الصناعة استبهم عليه حل صنف من هذه الأصناف، حتى نبغ أبو جعفر الخازن وتنبه على طريقه وأتى به في رسالة، وأبو نصر بن عراق مولى أمير المؤمنين من أهل خوارزم كان يحل المقدمة التي أخذها أرشميدس في استخراج ضلع المسبع في الدائرة، وهي < تقوم على > المربع بتلك الصفة المذكورة، وكان يستعمل ألفاظ الجبريين فأدى التحليل إلى مكعب وأموال يعدل أعداداً فاستخرجه بالقطوع، وهذا الرجل لعمري كان من متعالي الطبقة في الرياضيات. والمسألة التي أعجزت أبا سهل الكوهي، وأبا الوفاء البوزجاني، وأبا حامد الصاغاني، وجماعة من أصحابهم الذين كانوا منقطعين إلى جناب عضد الدولة بمدينة السلام هي هذه: عشرة قسمتها قسمين فكان مجموع مربعيهما مع الخارج من قسمة الكثير على القليل اثنين وسبعين عدداً، وكان يؤدي التحليل إلى أموال تعدل مكعباً وجذوراً وأعداداً. وهؤلاء الأفاضل كانوا متحيرين في هذه المسألة مدة مديدة حتى استخرجها أبو الجود، وخزنوها في دار كتب الملوك السامانية. فهذه ثلاثة أصناف: اثنان منها ثلاثيان، وواحد رباعي من المركبات والمفردة الواحدة أعني المكعب الذي يعدل الأعداد، فإنها قد استخرجها من تقدمنا من الأفاضل، ولم يصل إلينا منهم كلام في العشر البواقي ولا في هذا التفصيل. فإن تراخت المدة وصحبني التوفيق، أودعتُ هذه الأصناف الأربعة عشر بجميع شُعبها وفروعها وتمييز الممكن منها من الممتنع ـ فإن بعض أصنافه مفتقر إلى شرائط حتى يصح ـ رسالةً شاملة على عدة مقدمات لها، عظيمة المنفعة في أصول هذه الصناعة».

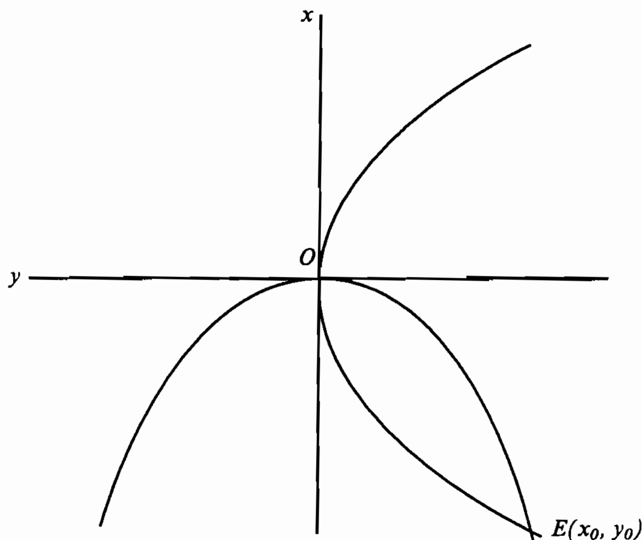
إلى تقاطع نصف القطع المكافىء:

$$P = \left\{(x,y) \in R_+ \times R_+; b^{\frac{1}{2}}y = x^2\right\}$$

والفرع من القطع الزائد

$$H = \left\{(x,y) \in R_+ \times R_+; y^2 = \left(\frac{c}{b} + x\right)x\right\}$$

فيظهر أن لهما نقطة التقاء ثانية تقابل الجذر الموجب. نشير إلى أن القطعين كاملين يعطيان (بقيم مناسبة لِ b ولِ c) نقاط الالتقاء التي تقابل الجذرين السالبين.



الشكل رقم (١١ ـ ٢)

ونشير هنا إلى أننا إذا أدخلنا الحل المبتذل $x = 0$، فإن المعادلة السابقة (*) تكتب:

$$\frac{x^4}{b} = x^2 + \frac{c}{b}x,$$

ومن هنا اختيار المنحنيين السابقين، اللذين يحقق تقاطعهما (x_0, y_0) العلاقة التالية:

$$\frac{b^{1/2}}{x_0} = \frac{x_0}{y_0} = \frac{y_0}{x_0 + \frac{c}{b}}$$

ومنها:

$$\frac{b}{x_0^2} = \frac{x_0}{x_0 + \frac{c}{b}}$$

فيكون x_0 حلاً للمعادلة (*).

وفي سبيل الإعداد لبناء هذه النظرية الجديدة كان على الخيام أن يتصور بشكل أفضل العلاقات المستجدة بين الهندسة والجبر لكي يصوغ بشكل أفضل هذه العلاقات. ونذكر هنا بأن المفهوم المركزي بالنسبة إليه، الذي أدرجه في هذا السياق، هو مفهوم وحدة القياس. هذا المفهوم الذي بتحديده المناسب وبعلاقته بمفهوم البُعد، يسمح بتطبيق الهندسة على الجبر. لكن هذا التطبيق قاد الخيام في اتجاهين قد يبدوان متناقضين للوهلة الأولى: فبينما أضحى الجبر عنده عبارة عن نظرية المعادلات الجبرية، بدأت هذه النظرية، ولو بشيء من الخجل، تتعالى فوق الحدود الفاصلة بين الجبر والهندسة. فإذا بنظرية المعادلات، أكثر من أي وقت مضى، تشكل مكاناً يتلاقى فيه الجبر والهندسة، إضافة إلى استدلالات وطرائق تحليلية تتزايد يوماً بعد يوم. إن التعبير الملموس عن هذه الوضعية قد ظهر من خلال كتابة العديد من الرسائل والمذكرات المكرسة لنظرية المعادلات بالذات على غرار ما قام به الخيام. فخلافاً للجبريين «الحسابيين»، يزيح الخيام من رسالته الفصول المخصصة للحدوديات ولحساب الحدوديات ولدراسة الأعداد الصماء (غير المنطقة) الجبرية... إلخ.

ولكنه في المقابل يبني أنموذجاً جديداً للكتابة: إنه يبدأ بمناقشة مفهوم العِظم الجبرية لكي يصل إلى تحديد وحدة القياس. ومن ثم يقدِم تصنيفه الصُوَري للمعادلات ـ تبعاً لعدد حدودها ـ ويطرح المقدمات الضرورية، لكي يعالج أخيراً وبالترتيب، حسب تصاعد درجات صعوبتها: معادلات الدرجة الثانية ذات الحدين، معادلات الدرجة الثالثة ذات الحدين، معادلات الدرجة الثانية ثلاثية الحدود، معادلات الدرجة الثالثة ثلاثية الحدود، فرباعية الحدود والمعادلات التي تحوي عكس المجهول. ويصل الخيام في رسالته إلى نتيجتين مرموقتين درج مؤرخو الرياضيات على نسبهما إلى ديكارت: حل عام لكل معادلات الدرجة الثالثة بواسطة قطعين مخروطيين، وحسابات هندسية أضحى إجراؤها ممكناً عن طريق انتقاء وحدة قياسية للأطوال، على الرغم من بقائه، خلافاً لديكارت، أميناً لقاعدة التجانس.

وتجدر الإشارة إلى أن الخيام لم يتوقف عند هذا الحد، إنما حاول إعطاء حل عددي تقريبي للمعادلة التكعيبية. ففي رسالة له «في قسمة ربع الدائرة»[٣٤] حيث يُفْصح للمرة الأولى عن مشروعه حول نظرية المعادلات، توصل إلى حل عددي تقريبي عن طريق جداول علم المثلثات.

التحول في نظرية المعادلات الجبرية: شرف الدين الطوسي

حتى الأمس القريب ساد الاعتقاد بأن عمل الخيام قد شكل نهاية لإسهامات رياضيي ذلك العصر في نظرية المعادلات الجبرية. لكن هذا الاعتقاد قد خاب كما ستتبين فيما يلي. فلم يشكل عمل الخيام افتتاحاً لتقليد، بكل ما تعنيه الكلمة، فحسب، لكنه أيضاً تعرض

---

(٣٤) المصدر نفسه، ص ٨٠.

لتحولات عميقة بعد حوالى النصف قرن على وفاته.

فالشهادات التاريخية تدل على أن شرف الدين المسعودي[٣٥] وهو تلميذ الخيام، قد ألف كتاباً في نظرية المعادلات وفي حلول المعادلات التكعيبية. ولا نستطيع، بعد، الجزم بوجود هذا الكتاب لعدم وصوله أو وصول أية فقرة منه إلينا. وبعد وفاة الخيام بجيلين نجد العمل الأهم في هذا التيار: رسالة شرف الدين الطوسي حول **المعادلات**[٣٦]. هذه الرسالة (عام ١١٧٠م تقريباً) تقدم تجديدات هامة بالنسبة إلى عمل الخيام. فخلافاً لمسعى هذا الأخير، لم يعد مسعى الطوسي عاماً وجبرياً إنما موضعياً وتحليلياً. إن هذا التحول الجذري، ذا الأهمية الخاصة في تاريخ الرياضيات الكلاسيكية، يستحق مزيداً من التوقف عنده.

يفتتح الطوسي رسالته بدراسة قطعين مخروطيين يستخدمهما لاحقاً، هما: القطع المكافىء والقطع الزائد. هذان المنحنيان، إضافة إلى الدائرة التي يفترض أنها غنية عن الدراسة، هي كل ما يلجأ إليه المؤلف من منحنيات. ويبدو أنه يفترض بالقارىء في عصره الاعتياد على التعامل مع معادلة الدائرة الحاصلة انطلاقاً من قوة (Puissance) نقطة بالنسبة إلى هذه الدائرة. ومن ثم يستخدم هذا القسم التحضيري الذي يبدأ به رسالته لإيجاد معادلة القطع المكافىء ومعادلة القطع الزائد متساوي الأضلاع بالنسبة إلى نظامين من المحاور.

يلي ذلك تصنيف للمعادلات من الدرجة الثالثة وما دون. وخلافاً للخيام، لم يعتمد معياراً داخلياً، بل خارجياً، لأجل هذا التصنيف. فبينما يرتب الخيام المعادلات انطلاقاً من عدد حدودها، يختار الطوسي تراتبيتها حسب وجود أو عدم وجود جذور (موجبة) لها. هذا يعني أن المعادلات منتظمة حسب احتوائها أو عدم احتوائها لِ«حالات مستحيلة». تبعاً لهذا التقسيم نستطيع أن نفهم سبب احتواء كتاب الطوسي هذا على جزءين وحسب. في الجزء الأول يعالج الطوسي حل عشرين معادلة. وفي كل من هذه الحالات يعمد إلى البناء الهندسي للجذور، وإلى تحديد المميز (Discriminant)، فقط فيما يخص المعادلات التربيعية، وأخيراً يعمد إلى الحل العددي بواسطة الطريقة التي تسمى طريقة روفيني ـ هورنر (Ruffini-Horner). ولقد احتفظ بتطبيق هذه الطريقة للمعادلات الكثيرة الحدود (Equations polynomiales) وليس فقط لاستخراج جذر عدد ما.

بعدما تقدم أصبح من الممكن تحديد العناصر التي تؤلف نظرية المعادلات في القرن

---

(٣٥) انظر: Roshdi Rashed, «Résolution des équations numériques et algèbre: Šaraf-al-Dīn al-Ṭūsī, Viète,» *Archive for History of Exact Sciences,* vol. 12, no. 3 (1974), pp. 244-290, réimprimé dans: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* pp. 147-194.

(٣٦) انظر: Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, *Œuvres mathématiques: Algèbre et géométrie au XIIe siècle,* texte édité et traduit par Roshdi Rashed, 2 vols. (Paris: Les Belles lettres, 1986).

الثاني عشر حسب التقليد الذي أرساه الخيام: بناء هندسي للجذور، حل عددي للمعادلات وأخيراً تذكير بحل معادلات الدرجة الثانية بواسطة الجذور، الحل المكتشف هذه المرة انطلاقاً من البناء الهندسي.

في الجزء الأول، بعد دراسته لمعادلات الدرجة الثانية وللمعادلة $x^3 = c$، يتفحص الطوسي ثماني معادلات من الدرجة الثالثة. لكل من المعادلات السبع الأولى منها جذر موجب واحد، أما في حال وجود جذر سالب فقد كان الطوسي لا يعترف به. وعند دراسة كل من هذه المعادلات، كان يختار منحنيين (أو بالأحرى، قسمين من منحنيين) من الدرجة الثانية. وكان يبرهن بواسطة اعتبارات هندسية صرفة أن أقواس هذين المنحنيين لها نقطة التقاء تحقق إحداثيتها السينية المعادلة المدروسة، (كان من الممكن وجود نقاط التقاء أخرى). والخصائص الهندسية التي قدمها الطوسي كانت (بإضافة بعض التدقيقات التي لم يُشِر إليها الطوسي والتي تحققها المعطيات على كل حال) خصائص مميزة، تؤدي بالتالي إلى معادلات المنحنيات المستعملة. وبفضل استعمال تعبيرَي «الداخلي» و«الخارجي»، يستدعي الطوسي تواصل المنحنيات وتحدبها. ونستطيع كما يلي ترجمة طريقته بالنسبة إلى المعادلة:

$$x^3 - bx = c \quad \text{،} \qquad \text{حيث} \qquad b > 0 \text{ و } c > 0\text{؛}$$

فهو يأخذ العبارتين:

$$g(x) = \left[x\left(\frac{c}{b} + x\right)\right]^{\frac{1}{2}} \;,\quad f(x) = \frac{x^2}{\sqrt{b}},$$

ويبرهن أن وجود عددين α وβ يحققان: $(f-g)(\beta) < 0$ و $(f-g)(\alpha) > 0$ ينتج عنه وجود $\gamma \in]\alpha, \beta[$ يحقق $(f-g)(\gamma) = 0$.

وعند قراءة الجزء الأول هذا، نرى أن الطوسي يدرس، كما فعل الخيام، البناء الهندسي للجذور الموجبة لهذه المعادلات العشرين؛ وهذا يغني عن دراسة جميع المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون، لأن المعادلات المتبقية يمكن إرجاعها إلى إحدى المعادلات المدروسة بواسطة تحويلات أفينية.

وعلى غرار الخيام، يعتمد البناء الهندسي المسطح إذا كانت المعادلة (بعد اختزالها بقدر الإمكان) من الدرجة الأولى أو الثانية. كما كان يعتمد البناء الهندسي بواسطة اثنين من القطوع المخروطية الثلاثة المذكورة، إذا كانت المعادلة (المختزلة بقدر الإمكان) تكعيبية.

وعلى الرغم من تعلق الجزء الأول من «الرسالة»، بشكل كبير، بإسهام الخيام، يمكن إيجاد فروقات لا تظهر نتائجها إلا في الجزء الثاني. فلقد برهن الطوسي وجود نقطة التقاء للمنحنيين المتعلقين بكل من المعادلات التي درسها. أما الخيام فلم يقم بمثل هذه الدراسة إلا بالنسبة إلى المعادلة العشرين. كما أدخل الطوسي وسائل لجأ إليها بشكل مكثف في الجزء الثاني، كالتحويلات الأفينية والمسافة من نقطة إلى مستقيم.

الجزء الثاني من الكتاب مخصص لدراسة المعادلات الخمس التي تحوي (حسب تعبير الطوسي) «حالات مستحيلة»، أي حالات لا يوجد فيها أي جذر موجب، وهي المعادلات:

$$(1)\quad x^3 + c = ax^2;$$
$$(2)\quad x^3 + c = bx;$$
$$(3)\quad x^3 + ax^2 + c = bx;$$
$$(4)\quad x^3 + bx + c = ax^2;$$
$$(5)\quad x^3 + c = ax^2 + bx.$$

وخلافاً للخيام، لم يستطع الطوسي الاكتفاء بملاحظة وجود «حالات مستحيلة». فلقد دفعه انشغاله بمسألة برهان وجود نقاط لالتقاء المنحنيات، وبالتالي بمسألة وجود الجذور، للتعرف إلى هذه الحالات ومعرفة أسبابها. إن التعرض لهذه المسألة التقنية وما ينجم عنها من تساؤل، هو بالتحديد ما قاد الطوسي ليقطع مع نهج الخيام ويحور في مشروعه الأولي. لكن، ولكي نستوعب هذا التحول العميق، يجب تحليل مسعى الطوسي. فإن كلًّا من المعادلات الخمس السابقة يمكن أن تكتب على الشكل $f(x) = c$، حيث f دالة متعددة الحدود. ولكي يميز «الحالات المستحيلة» ويحددها، كان على الطوسي دراسة التقاء المنحني الذي يمثل $y = f(x)$ مع المستقيم $y = c$. بالنسبة إلى الطوسي كان «المنحني» يعني القسم من هذا المنحني المتمثل بالجزء $x > 0$ و $y = f(x) > 0$ وهو جزء من المنحني يمكن عدم وجوده أصلاً. يجدر أن نسجل هنا، أن المسألة بالنسبة إليه لا معنىً لها إلا في حال كون $x > 0$ وكون $f(x) > 0$، وإنه في كل حالة من الحالات كان يضع الشروط، التي تكون ضمنها $f(x)$ موجبة قطعاً. ففي المعادلة (1) وضع الشرط $0 < x < a$، وفي المعادلة (2) الشرط $0 < x < \sqrt{b}$؛ ويعطي هذا الشرط نفسه في المعادلة (3)، مع العلم بأنه غير كافٍ.

كان الطوسي، إذن، مضطراً لتفحص العلاقة بين وجود الحلول وبين وضعية الثابت c بالنسبة إلى النهاية العظمى للدالة الحدودية. وفي هذه المناسبة أدخل مفاهيم جديدة، ووسائل جديدة ولغة جديدة؛ وقد ذهب إلى أبعد من ذلك بتحديده كائناً رياضياً جديداً.

فهو يبدأ بصياغة مفهوم النهاية العظمى لِعبارة جبرية معينة، وهو ما يشير إليه بـ«العدد الأعظم». فإذا فرضنا أن $f(x_0) = c_0$ هي هذه النهاية العظمى، فإنها تعطي النقطة (x_0, c_0). بعد ذلك يحدد الطوسي جذور $f(x) = 0$، أي تقاطع المنحني $f(x)$ مع المحور السيني؛ من ثم يخلص إلى استنتاج حصر جذور المعادلة $f(x) = c$ (Encadrement).

يصل الطوسي في دراسته، إذن، إلى المرحلة التي تنحصر فيها كل المسألة في قضية وجود القيمة x_0 التي تعطي النهاية العظمى $f(x_0)$. ومن أجل هذا، يعتمد معادلة لا تختلف إلا من حيث الشكل مع المعادلة $f'(x) = 0$؛ لكن، وقبلَ مُواجهة هذه المسألة المركزية

المتعلقة بالمشتق (Dérivée)، يُستحسن أن نسجل التغيُر في منحى عمله، وإدخال التحليل الموضعي. ولنبدأ باستعراض النتائج التي توصل إليها.

بالنسبة إلى المعادلة (1) يوجد للمشتق جذران هما الصفر و$\frac{2a}{3}$ مما يعطي بالتالي نهاية صغرى هي $f(0) = 0$ ونهاية عظمى هي $f(\frac{2a}{3}) = c_0$. من جهة أخرى يوجد للمعادلة $f(x) = 0$ جذر مزدوج هو $\lambda_1 = 0$ وجذر موجب $\lambda_2 = a$. يستنتج الطوسي، إذن، أن في حال كون $c < c_0$ يكون للمعادلة (1) جذران موجبان x_1 و x_2 يحققان العلاقة:

$$\lambda_1 = 0 < x_1 < x_0 < x_2 < \lambda_2 = a .$$

نلاحظ أن لهذه المعادلة جذر ثالث سالب x_3 لا يأخذه الطوسي بالاعتبار.

فيما يخص المعادلات (2)، (3) و(5) يعتمد الطوسي تحليلاً مشابهاً. في هذه الحالات الثلاث يكون للمشتق جذران أحدهما سالب والآخر موجب. الجذر الموجب x_0 يعطي النهاية العظمى $c_0 = f(x_0)$ ويكون للمعادلة $f(x) = 0$ ثلاثة جذور بسيطة (مختلفة) أحدها سالب والآخران هما $\lambda_1 = 0$ و λ_2؛ وهذا ما يوصله إلى النتيجة المذكورة.

ولكي نُلقي المزيد من الضوء على مسعى الطوسي، نُلَخِص مناقشته للمعادلة (1). فهذه المعادلة تكتب على الشكل التالي:

$$c = x^2(a - x) = f(x) .$$

وهنا يأخذ الطوسي حالات ثلاثاً:

- $c > \frac{4a^3}{27}$؛ وفي هذه الحالة يُعلِن أن المسألة مستحيلة (إذ إن لها جذراً سالباً)؛
- $c = \frac{4a^3}{27}$؛ وفي هذه الحالة يحدِد الطوسي الجذر المزدوج $x_0 = \frac{2a}{3}$ (لكنه لا يعترف بالجذر السالب)؛
- $c < \frac{4a^3}{27}$؛ وفي هذه الحالة يعلن الطوسي أن للمعادلة جذرين موجَبين x_1 وx_2 يحقِقان العلاقة:

$$0 < x_1 < \frac{2a}{3} < x_2 < a .$$

وبعد ذلك يدرس النهاية العظمى لِ $f(x)$ حيث يبرهن أن $f(x)$ تأخذ قيمتها العظمى عندما يأخذ x القيمة $x_0 = \frac{2a}{3}$، $(0 < x < a)$؛ فيبرهن أولاً أن:

$$(1) \quad x_1 > x_0 \Longrightarrow f(x_1) < f(x_0) ,$$

ومن ثم أن:

$$(2) \quad x_2 < x_0 \Longrightarrow f(x_2) < f(x_0) ;$$

مما يوصلِه إلى أن $f(x_0)$ هي النهاية العظمى لِ $f(x)$ في الفسحة $0 < x < a$.

ولإيجاد $x_0 = \frac{2a}{3}$، يحل الطوسي المعادلة $f'(x) = 0$، ومن ثم يحتسب:

$$f(x_0) = f\left(\frac{2a}{3}\right) = \frac{4a^3}{27} ,$$

مما يسمح له بتبرير الحالات الثلاث التي سبق أن أشار إليها.

بعد ذلك يحدِد الطوسي الجذرين الموجبين لهذه المعادلة، x_1 و x_2. يبدأ بالجذر الأكبر x_2 حيث يضع $x_2 = x_0 + y$، فيقوده هذا التحويل الأفيني إلى المعادلة:

$$y^3 + ay^2 = k ,$$

حيث $k = c_0 - c = \frac{4a^3}{27} - c$؛ وهي من الأصناف التي حلها في القسم الأول من «رسالته»؛ وبعد ذلك يبرر هذا التحويل الأفيني. ويعمد كذلك إلى تحويل أفيني آخر: $x = y + (a - x_2)$ لتحديد الجذر الأصغر x_1؛ فيحصل على معادلة بالمجهول y لها أيضاً جذر موجب، وهي مِن أحد الأصناف التي سبق وحلها في القسم الأول؛ ومن ثم يبرِر أيضاً هذا التحويل الأفيني. ويبرهن أخيراً أن $x_1 \neq x_0$ وأن $x_1 \neq x_2$.

أما فيما يخص المعادلة (4)، فتنشأ صعوبة لأن القيمة العظمى $f(x_0)$ يُمكِن أن تكون سالبة. وهنا يفرض الطوسي شرطاً إضافياً لكي لا يصادف إلا الحالة $f(x_0) > 0$ وينهج من ثم كما فعل بالنسبة إلى المعادلات السابقة؛ عند ذلك يكون للمعادلة $f'(x) = 0$ جذران موجبان x'_0 وx_0 $(x'_0 < x_0)$. يوجد، إذن، بالتالي قيمة صغرى سالبة وقيمة عظمى موجبة. لا يأخذ الطوسي بعين الاعتبار سوى الجذر x_0 فيحصل على $c_0 = f(x_0)$. من جهة أخرى، يكون للمعادلة $f(x) = 0$، في هذه الحالة، ثلاثة جذور، الصفر وλ_1 و λ_2، $(0 < \lambda_1 < \lambda_2)$؛ من هنا يستنتج الطوسي أنه في حال كون $c < c_0$، يكون للمعادلة (4) جذرانِ موجبان x_1 و x_2 بحيث يكون:

$$0 < \lambda_1 < x_1 < x_0 < x_2 < \lambda_2 .$$

هذه المراجعة السريعة تظهر أن وجود ما نسميه اليوم «المشتق» لم يكن لا عرضياً ولا طارئاً، بل بالعكس كان هذا الوجود مقصوداً. وصحيح، من جهة أخرى، أنها ليست المرة الأولى التي نجد فيها العبارة الجبرية للمشتق في «الرسالة»، فلقد أدخلها الطوسي أيضاً، لإنشاء طريقة حل عددي للمعادلات. فهذه الطريقة تنتظم على الشكل التالي:

يبدأ الطوسي بتحديد الرقم الأول σ_0 من الجذر وبتحديد المنزلة العشرية $r\sigma_0$، لهذا الرقم. عند ذلك يكتب هذا الجذر:

$x = s_0 + y$، حيث يكون: $s_0 = \sigma_0 . 10^r$

ومن ثم يحدد الرقم الثاني من هذا الجذر بواسطة المعادلة بالمجهول y:

$$f(s_0 + y) = 0\ ;$$

وهنا تدخل الخوارزمية المنسوبة إلى روفيني ـ هورنر لتحديد معاملات حدود هذه المعادلة التكعيبية بالمجهول y. إن الخوارزمية التي أدخلها الطوسي تُرتِب الحسابات بحيث يستخدم أقل عدد ممكن من عمليات الضرب. وهي ليست سوى تحوير بسيطٍ لخوارزمية روفيني ـ هورنر، مُكيفاً مع المعادلات التكعيبية. وهنا يُظهر الطوسي $f'(s_0)$ كمعامل y، حيث $f'(s_0)$ هي قيمة المشتق في s_0؛ ويحصل على الرقم الأول من y أي على الرقم الثاني من الجذر x عن طريق أخذه للجزء الصحيح مِن $-f(s_0)/f'(s_0)$؛ وهنا نتعرف على الطريقة المعروفة بطريقة «نيوتن» لحل المعادلات بشكل تقريبي. وبعد أن يُحدِد الرقم الثاني (وهو الأول من y) يُطبق الخوارزمية نفسها على المعادلة بـ y لكي يجد الرقم الثالث، وهكذا دواليك حتى الحصول على الجذر، الذي كان صحيحاً في الأمثلة التي عالجها الطوسي(٣٧).

ونشير هنا إلى أن هذا الجذر، إذا لم يكن صحيحاً، بالإمكان إيجاد أرقامه (بعد الفاصلة)

---

(٣٧) لنأخذ مثلاً الحل العددي للمعادلة $x^3 = bx + N$ حيث يكتب الطوسي:

«وأما استخراج المطلوب فنضع العدد على <التخت ونعد مراتبه> بكعبٍ ولا كعبٍ ولا كعبٍ وكعبٍ ونضع أصفار الكعب، ونعد العدد أيضاً بجذرٍ ولا جذرٍ، إلى أن ننتهي إلى الجذر السمِي للكعب الأخير، ثم نضع عدد الجذور ونعد مراتبه بجذرٍ ولا جذرٍ، فالمرتبة السمية للجذر الأخير من هذه الجذور هي آخر مراتب جذر عدد الجذور. فتكون للمسألة الصور التالية:

الصورة الأولى: أن يكون الجذرُ السميُ للكعب الأخير أرفعَ من آخرِ جذر عددِ الجذور، مثلَ قولنا: عدد بهذه الصورة: ٣٢٧٦٧٠٣٨، وتسعُمائة وثلاثة وستون جذراً يعدل مكعباً. فنعد من الجذر السمي للكعب الأخير إلى آخر مراتب عدد الجذور، ونعد من مرتبة الكعب الأخير بتلك العدة في تلك الجهة. فحيث ينتهي ننقل آليه آخرَ عددِ الجذور ونرده إلى الثلث فيكون بهذه الصورة:

٣٢ْ ٧٦ ٧ْ٠ ٣٨ْ

٣ ٢١

ولأن الجذر السمي للكعب الأخير هو الجذر الثالث، / وهو في مقابلة مرتبة عشرات الألوف وهو أرفع من آخر مراتب عدد الجذور الذي هو في المئات؛ عددنا من مرتبة الجذر السمي للكعب الأخير إلى المئات، وعددنا أيضاً من مرتبة الكعب الأخير بتلك العدة فانتهى إلى عشرات الألوف؛ فوضعنا آخر ثلثِ عددِ الجذور في تلك المرتبة، ثم نضع مطلوب الكعب وهو الثلاثة مكان الصفر الأخير، وننقص مكعبه مما تحته، ونضربه في مراتب ثلث عدد الجذور، ونزيد ثلاثة أمثال كل ضربة على العدد؛ ونضع مربع المطلوب تحت العدد بحذائه على هذه الصورة:

٣

٦٠٥٥ْ٩٣٨ْ

٣٢١

وننقص ثلث عدد الجذورْ من مربع المطلوب، فنبطل ثلث عدد الجذور فيبقى بهذه الصورة:

٣

٦٠٥٥ْ٩٣٨ْ

٨٩٦٧٩

بالاستمرار في تطبيق الخوارزمية نفسها. ولقد قام خلفاء الطوسي بمثل هذا العمل في حالة كون الجذر غير صحيح، كما يشهد على ذلك نص الأصفهاني[٣٨] في القرن الثامن عشر.

= وينقل الأعلى بمرتبتين والأسفل بمرتبة؛ ثم نضع المطلوب الثاني اثنين وننقص مكعبه من العدد، ونضربه في المطلوب الأول، ونزيد المبلغ على الأسفل، ونضربه في الأسفل، وننقص ثلاثة أمثال كل ضربةٍ من العدد، ونزيد مربعه على الأسفل، ونضربه في المطلوب الأول، ونزيد المبلغ على الأسفل/، وننقل الأعلى بمرتبتين والأسفلَ بمرتبةٍ؛ ونضع مطلوباً آخر هو الواحد، وننقص مكعبه من العدد، ونضربه في المطلوب الأول والثاني، ونزيد المبلغ على الأسفل ونضربه في الأسفل وننقص ثلاثة أميال كل ضربةٍ من العدد، فيحصل السطر الأعلى بهذه الصورة ٣٢١ وهو الجذر المطلوب.

الصورة الثانية

أن يكون آخرُ مراتب جذر عدد الجذور أرفعَ من الجذر السمي للكعب الأخير، كما في قولنا: جذور بهذه العدة ١٠٢٠٢١ وعدد بهذه الصورة ٣٢٧٤٢٠ يعدل مكعباً. فنعد عدد الجذور بجذرٍ ولا جذرٍ، ونزيد في العدد مراتبَ بأن نضع قدامه أصفاراً، ونطلب أرفع الجذور المقابلة لعدد الجذور، ثم نضع أصفار الكعب ونطلب الكعب السمي لذلك الجذر <الأخير>، وننقل المرتبة المحاذية لذلك الجذر من عدد الجذور، إلى محاذاة الكعب السمي له، ونضع سائر مراتب عدد الجذور على الترتيب، فيكون بهذه الصورة: ٠٠٣٢٧٤٢٠ / ١٠٢٠٢١
لأن أرفع الجذور التي تقابلها هو الثالث، وهو في مقابلة عشرات الألوف، وسميُه الكعب الثالث وهو في ألوف الألوف، فنقلنا مرتبة / عشرات الألوف من عدد الجذور إلى محاذاة الكعب الثالث، ونطلب أكثر عددٍ يمكن نقصانُ مربعه من عدد الجذور ـ وهو الثلاثة ـ فنضعه في الكعب الثالث، ونضربه في مراتب عدد الجذور، ونزيد المبلغ على العدد، وننقص مكعبه من العدد، ونرد عدد الجذور إلى الثلث فيكون مبتدئاً من مرتبة المئات على هذه الصورة: ٣ / ٣٩٣٣٧٢٠ / ٣٤٠٠٧ ثم نضع مربع المطلوب بحذائه تحت العدد، وينقص منه ثلث عدد الجذور، ويبطل السطر الذي هو ثلث عدد الجذور، وننقل الأعلى بمرتبتين، والأسفل بمرتبة، ونعمل العمل السابق إلى آخره». انظر: المصدر نفسه، مج ١، ص ٤٩ ـ ٥٢.

(٣٨) المصدر نفسه، مج ١، ص ١١٨ وما يليها.

ومن ناحية أخرى، يقدم الأصفهاني في الرسالة المذكورة سابقاً، طريقة هامة للبحث عن جذر موجب للمعادلة التكعيبية يرتكز على خاصية «النقطة الثابتة»، لا نعلم إن كان قد أخذه عن أسلافه القدماء على غرار اقتباسه لطريقة الطوسي في الحل العددي. لكننا نرجح كفة اقتباس من هذا النوع على الرغم من أننا لا نستطيع حسم هذه المسألة حالياً. ونقدِم في ما يلي عرضاً سريعاً لهذه الطريقة المطبقة على مثل من عند الأصفهاني بالذات، حيث يأخذ المعادلة: $x^3 + 210 = 121x$ (حيث $x \in R_+$)

تُكتب هذه المعادلة على الشكل: $x = (121x - 210)^{\frac{1}{3}} = f(x)$ فيأخذ الأصفهاني $x'_1 = 11$ فيكون:

$$y_1 = f(x'_1) = (1121)^{\frac{1}{3}} < 11$$

ويأخذ قيمة تقريبية لِ y_1، بالنقصان هي $10,3$؛ فيجد: $f(10,3) = (1036,3)^{\frac{1}{3}} < 10,3$ ، وعند ذلك يأخذ $x'_2 = 10,3$ وَ $y_2 = f(x'_2) = (1036,3)^{\frac{1}{3}}$؛ ومن ثم يأخذ قيمة تقريبية بالنقصان لِ y_2، مثلاً $10,1$، فيكون:

$$f(10,1) = (1012,1)^{\frac{1}{3}} < 10,1$$

فيأخذ $x'_3 = 10,1$، وهكذا دواليك، فتتكون المتتالية: $x'_1 = 11 > x'_2 = 10,3 > x'_3 = 10,1 > ...$.

نُشير هنا إلى أن الأصفهاني يختار القيمة ١١ بطريقة تختلف نوعاً ما عن التي عرضنا، فبَدَل الدالة f يأخذ دالة تحدها فوقياً وهي g: $g(x) = (121x)^{\frac{1}{3}}$. ويبحث عن جذرٍ x_1 للمعادلة $x = g(x)$ مما يؤكِد أنه في حال كون x_0 الجذر المطلوب، يكون: $x_1 = 11 > x_0$.

وعلى الرغم من أن حضور تعبير المشتق أمر لا يرقى إليه الشك إلا أن الطوسي لا يشرح الطريق التي قادته إلى هذا المفهوم.

ولكي نستوعب بشكل أفضل أصالة مساعي الطوسي، لنأخذ مثل المعادلة (3) التي يمكن إعادة كتابتها على الشكل التالي:

$$f(x) = x(b - ax - x^2) = c.$$

والمسألة الأساسية هي إيجاد القيمة $x = x_0$ التي بها تصل $f(x)$ إلى نهايتها العظمى.

شرح الطوسي كيفية المرور من المعادلة (3) إلى معادلتين من نوعين سبق أن حلهما، باستعمال تحويلات أفينية:

$$x \to y = x_0 - x \quad \text{و} \quad x \to y = x - x_0$$

وفي سياق شرحه هذا أعطى المتساويتين التاليتين:

$$f(x_0) - f(x_0 + y) = 2x_0(x_0 + a)y - (b - x_0^2)y + (3x_0 + a)y^2 + y^3,$$

وَ

$$f(x_0) - f(x_0 - y) = (b - x_0^2)y - 2x_0(x_0 + a)y + (3x_0 + a)y^2 - y^3.$$

ولا بد أن الطوسي قد قارن بين $f(x_0)$ و $f(x_0 + y)$ وبينها وبين $f(x_0 - y)$ ملاحظاً أنه في الفسحة $]0, \lambda_2[$، يكون التعبيران:

$$y^2(3x_0 + a - y) \quad \text{و} \quad y^2(3x_0 + a + y)$$

موجبين. من ثم استطاع أن يستنتج من المتساويتين ما يلي:

- إذا كان $b - x_0^2 \geq 2x_0(x_0 + a)$ يكون $f(x_0) > f(x_0 + y)$،
- إذا كان $b - x_0^2 \leq 2x_0(x_0 + a)$ يكون $f(x_0) > f(x_0 - y)$؛

وبالتالي:

$$b - x_0^2 = 2x_0(x_0 + a) \Longrightarrow \begin{cases} f(x_0) > f(x_0 + y), \\ f(x_0) < f(x_0 - y); \end{cases}$$

وهذا يعني أنه في حال كون x_0 الجذر الموجب للمعادلة التالية:

$$f'(x) = b - 2ax - 3x^2 = 0,$$

يكون $f(x_0)$ هو النهاية العظمى لِ $f(x)$ في الفترة المدروسة.

تجدر الإشارة إلى أن المتساويتين المذكورتين أعلاه تتلاءمان مع توسيع (مفكوك) تايلور (Développement de Taylor) حيث:

$$f'(x_0) = b - 2ax_0 - 3x_0^2; \quad \frac{1}{2!}f''(x_0) = -(3x_0 + a); \quad \frac{1}{3!}f'''(x_0) = -1$$

يرمي الطوسي إذن، على ما يبدو، إلى ترتيب $f(x_0 + y)$ و$f(x_0 - y)$ حسب قوى y وإلى تبيان أن الوصول إلى النهاية العظمى يتحقق عندما يكون معامل y في هذا المفكوك هو الصفر. تكون إذن قيمة x التي تعطي $f(x)$ نهايتها العظمى هي الجذر الموجب للمعادلة $f'(x) = 0$. فبفضل التحويلين الأفينيّين $x \rightarrow x_0 \pm y$، حيث x_0 هو جذر للمعادلة $f'(x) = 0$، يختفي الحد الذي يحوي y في المعادلة الجديدة. لذا، فمن المعقول أن يكون الطوسي قد توصل إلى المعادلة $f'(x) = 0$ انطلاقاً من هذه الخاصية المرتبطة برسم المنحني الذي يمثل f، الذي لا يرسمه الطوسي أبداً في «الرسالة»؛ فعندما يكون y صغيراً، يكون «القسم الأساسي» من «تغيُر» $f(x_0 \pm y)$ مؤلفاً من القوى الثانية من y، (y^2) فلا تتغير إشارته مع تغير إشارة y. وقد بينا في مكان آخر أن مسعى الطوسي يُشبِه إلى حد بعيد مسعى فيرما (Fermat) في بحثه عن النهايات العظمى والصغرى للدالات الحدودية[٣٩].

هكذا، إذن، نرى أن نظرية المعادلات لم تعد تقتصر على فصل من فصول الجبر، لكنها تتضمن مجالاً أوسع من ذلك بكثير. فهذا الرياضي يجمع ضمن هذه النظرية، الدراسة الهندسية للمعادلات وحلها العددي. إنه يطرح، ومن ثم يحل مسألة وجود الحل لكل من المعادلات، مما يقوده إلى اختراع الدراسة الموضعية للمنحنيات التي يستخدمها، وخاصة إلى دراسة منهجية للنهاية العظمى لحدوديات من الدرجة الثالثة عن طريق معادلة المشتق. وفي مجرى حلِه العددي، لم يكتفِ بتطبيق خوارزميات يظهر فيها من جديد تعبير المشتق للحدودية، بل إنه يجهد أيضاً لتبرير هذه الخوارزميات عن طريق مفهوم «الحدوديات المهيمنة» (Polynômes dominants) . إن هذا يدل على مستوىً رياضي متقدم جداً بالنسبة إلى عصره؛ وجدير بالذكر هنا أن هذا المستوى بدأ ببلوغ أقصى ما يمكن أن يتوصل إليه بحث رياضي لا يتمتع بنظام رمزي فعال. فلقد قام الطوسي بكل أبحاثه مستعيناً فقط باللغة الطبيعية من دون أية رمزية (سوى رمزية اللوحات التي جعلت هذه الأخيرة في غاية التعقيد). إن هذه الصعوبة تنتصب لا لتشكِل عائقاً داخلياً يؤخر تقدم أبحاثه فحسب، إنما أيضاً لتشكل عائقاً أمام نقل وانتشار نتائجه. وهذا يعني أن الرياضي، بمجرد أن يبدأ معالجة المفاهيم التحليلية كالتي ذكرنا، كان يعترضه قصور اللغة الطبيعية في التعبير عن المفاهيم وعن العمليات المطبقة عليها. فإذا بعدم كفاية اللغة الطبيعية يحد من تجديد المعرفة الرياضية كما يحد من نشر هذه المعرفة. ومن المعقول جداً أن يكون خلفاء الطوسي قد اصطدموا بهذا العائق إلى أن تعرض الترميز الرياضي لتحولاته الكبرى وانطلاقاً من ديكارت على وجه الخصوص.

إن مَثَل الطوسي يكفي ليبرهن أن نظرية المعادلات لم تتعرض فقط للتحولات منذ الخيام، بل إنها استمرت تبتعد ابتعاداً متزايداً عن ميدان البحث عن الحلول بواسطة الجذور؛ فقد اتجهت لتطال مجالاً واسعاً من الأبحاث التي انتهت فيما بعد إلى الهندسة التحليلية، أو بكل بساطة إلى التحليل الرياضي.

---

(٣٩) المصدر نفسه، مج ١، ص xxvii.

لكن الجواب عن السؤال حول مصير نظرية المعادلات حسب الطوسي، يبقى معلقاً بانتظار المزيد من الأبحاث. فإننا لا نعرف لتلميذه كمال الدين بن يونس أي عمل جبري. ولكننا، وبالمقابل، نعلم أن تلميذ هذا الأخير، أثير الدين الأبهري (المتوفى عام ١٢٦٢م) قد ألف عملاً جبرياً وصلنا مبتوراً، باعتراف الناسخ نفسه لهذا العمل. لكنه، في القسم الذي وصلنا منه، يُطبِق طريقة الحل العددي العائدة للطوسي وبالتعابير نفسها التي يستعملها هذا الأخير، على المعادلة $x^3 = a$. أما الخلاطي[٤٠]، وهو أحد الجبريين من ذلك العصر، فيذكر أن الطوسي كان «أستاذ أستاذه» وبأنه هو نفسه درس المعادلات التكعيبية، لكنه بقي أميناً لتقليد الكرَجي. ولدينا شهادات أخرى تأتي على ذكر الطوسي[٤١]، إلا أننا لا نحوز على أي إشارة على وجود رياضيين أعادوا دراسة نظريته. وقد نستطيع تتبع آثار كتاب الطوسي عند خلفائه لكننا، وحتى الآن، لا نعرف أي عمل تناول جبره بالشرح أو بالتعليق. وقد نجد دراسات من هذا النوع، إلا أننا نشك (إذا ما وجدت) بإمكانية تجاوزها لعمل الطوسي، في غياب نظام رمزية فاعلة، لا بد منها لتطوير المفاهيم التحليلية التي تضمها رسالته في المعادلات.

(٤٠) الخلاطي، **نور الدلالة في علم الجبر والمقابلة** (مخطوطة جامعة طهران، رقم ٤٤٠٩)، الورقة ٢.

(٤١) انظر: شمس الدين المارديني، **نساب الحبر في حساب الجبر** (اسطنبول، مخطوطة فايز الله، رقم ١٣٦٦)، الورقتان ١٣ ـ ١٤.

- ١٢ -

التحليل التوافيقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسي ونظرية الأعداد(*)

رشدي راشد

لم يقم خلفاء الخوارزمي بتطبيق علم الحساب على الجبر فحسب، بل أيضاً طبقوا الجبر، الذي قام الكرجي بتجديده، على علم الحساب، وعلى حساب المثلثات وعلى نظرية إقليدس في الأعداد. هذه التطبيقات، كتطبيق الجبر على الهندسة، والهندسة على الجبر، التي عالجناها في الفصل السابق، لعِبت دائماً دوراً أساسياً في تَشَكُّلِ ميادين جديدة في الرياضيات، أو على الأقل في تشكل فصول رياضية جديدة. وهكذا لَعب الجبر - والتنويه يبقى ضرورياً - دوراً مركزياً ليس فقط في إعادة بنيان مواد الإرث الإغريقي التعليمية وتنظيمها، وتوسيع حقولها وطرقها، وإنما أيضاً، وخاصة، في خلق مواد جديدة. هكذا تشكل التحليل التوافيقي والتحليل العددي، والنظرية الجديدة البدائية للأعداد والتحليل الديوفنطسي الصحيح(١). وسنستعيد بإيجاز تاريخ هذه الفصول التي كانت إلى الأمس القريب مجهولة بأغلبيتها(٢).

(*) قام بترجمة هذا الفصل منى غانم ونقولا فارس.

(١) أي في مجموعة الأعداد الصحيحة. (المترجم).

(٢) من العبث بالفعل البحث عن الفصول التي تعالج التحليل التوافيقي، والتحليل الديوفنطسي الصحيح والنظرية التقليدية للأعداد، ضمن فصول الرياضيات العربية التي درج المؤرخون على دراستها. ولم تُعالج هيكلية هذا النشاط ولم يتم التعرف على هذا الفصل الأول كما هو إلا في دراستنا التي ظهرت في العام ١٩٧٣. انظر: Roshdi Rashed, «Algèbre et linguistique: L'Analyse combinatoire dans la science arabe,» dans: Robert S. Cohen, ed., *Boston Studies in the Philosophy of Sciences* (Boston: Reidel Pub. Co., 1973), pp. 383-399.

وهكذا بالنسبة إلى التحليل الديوفنطسي الصحيح: فهو لم يُقدم كنشاط مستقل عن التحليل غير المحدد =

التحليل التوافيقي

إن البحث عن النشاط التوافيقي بطريقة ساذجة، أي حيث يظهر من دون قصدٍ خاص، ومثلاً على ذلك توافق الحدود - وهي «العدد» و«الشيء» و«المال» و«الكعب» - لتعداد جميع أشكال المعادلات من الدرجة الثالثة وما دون، هو شيء. أما متابعة هذا النشاط إلى حيث نحاول استخلاص قواعِده وقوانينه فهو شيء آخر. إن هذه الأبحاث وحدها هي التي أدت إلى إنشاء التحليل التوافيقي كفصل من الرياضيات. غير أن هذا النشاط التوافيقي قد بدأ بالظهور على هذا النحو، بطريقة مبعثرة، عند اللغويين من جهة وعند علماء الجبر من جهة أخرى. ولاحقاً تم الربط بين هذين التيارَيْن، وظهر التحليل التوافيقي كأداة رياضية تُسْتَعْمَل في حالات متعددة: لغوية، وفلسفية، ورياضية... وسابقاً، في القرن التاسع للميلاد، نجد هذا النشاط عند اللغويين والفلاسفة الذين طرحوا مسائل تتعلق باللغة، في ثلاثة ميادين خاصة: علم النطقيات والمعجميات وعلم الرموز. وقد طُبِعَ تاريخُ هذه العلوم الثلاثة باسم الخليل بن أحمد (العام ٧١٨ ـ ٧٨٦م). وهذا الأخير استعان بشكل صريح بحساب الترتيبات والتوافيق في سبيل إعداد علم المعاجم العربي. فقد رمى الخليل(٣) في مؤلفه **كتاب العين** إلى عقلنة الممارسات التجريبية للمعجميين. وأراد بالتالي التوصل إلى تعداد كلمات اللغة بطريقة وافية (استنفادية)، من جهة، وإيجاد وسيلة لقيام تناظر متعاكس بين مجموعة الكلمات وخانات المعجم من جهة أخرى. فإذا به يُطلِق النظرية التي مفادها أن اللغة هي جزء تحقق صوتياً في اللغة الممكنة. فإن الترتيبَ من r إلى r(٤) أحرف أبجدية، مع $1 < r \leq 5$ (وr هو هنا عدد أحرف المصدر للكلمة العربية) يعطينا مجموعة المصادر، وبالتالي، الكلمات من اللغة الممكنة كما يقول الخليل؛ وبالتالي، فإن جزءاً فقط من هذه المجموعة تحدِدها القواعد الصوتية اللغوية للمصادر، هو الذي يشكل اللغة. يعود إذاً تأليفُ

= أو عن التحليل الديوفنطسي المنَطق قبل دراستنا التي ظهرت في العام ١٩٧٩. انظر: Roshdi Rashed, «L'Analyse diophantienne au X^{ème} siècle: L'Exemple d'al-Khāzin,» *Revue d'histoire des sciences,* vol. 32, no. 3 (1979), pp. 193-222.

ويصح القول نفسه أيضاً فيما يخص النظرية التقليدية للأعداد ودور الجبر في صياغتها والتي لم يتم التعرف إليها إلا في دراستنا التي ظهرت في العام ١٩٨٣ . انظر: Roshdi Rashed, «Nombres amiables, parties aliquotes et nombres figurés aux XIII^e-XIV^e siècles,» *Archive for History of Exact Sciences,* vol. 28, no. 2 (1983), pp. 107-147.

وقد نشرت هذه الدراسات المذكورة أعلاه مع أخرى ضمت إليها في:

Roshdi Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* collection sciences et philosophie arabes (Paris: Les Belles lettres, 1984).

(٣) انظر: Rashed, «Algèbre et linguistique: L'Analyse combinatoire dans la science arabe».

(٤) r هو عدد الأحرف المنوَى ترتيبها. وعدد الترتيبات (Arrangements)، هو $A_n^r = \frac{n!}{(n-r)!}$ حيث n هو عدد الأحرف الأبجدية جميعها $n = 27$. (المترجم).

معجم إلى تشكيل اللغة الممكنة ليُصار فيما بعد إلى استخراج جميع الكلمات الداخلة فيها، حسبَ القواعد المذكورة.

إضافة إلى ذلك، اقتضت صياغةُ هذا البحث الهام دراسةَ علم النطق بالعربية، وهذا ما قام به الخليل أولاً. بدأ الخليل، لتأليف المعجم، بحساب عدد التوافيق - دون تكرار - لأحرف الأبجدية، من r إلى r أحرف، حيث $r \in \{2, 3, .., 5\}$، ثم حسب عدد التبديلات في كل زمرة من r أحرف. وبتعبير آخر، قام بحساب:

$$A_n^r = r!\binom{n}{r}$$

حيث n هو عدد أحرف الأبجدية و $1 < r \leq 5$.

ونجد نظرية الخليل وحساباته هذه في كتابات العديد من المعجميين اللاحقين. ومن جهة أخرى، استخدِمت هذه النظرية وهذا الحساب في علم الرموز، الذي قام بتطويره الكِندي ابتداءً من القرن التاسع للميلاد، ومِن بعدِه لغويون من بينهم ابن وحشية وابن طباطبا، في نهاية القرن عينه وبداية القرن اللاحق. وقد استعان علماء الرموز، في تطبيق علمهم هذا، بتحليل الخليل للنطقيات، وبحساب تواتر الأحرف بالعربية وبحساب التبديلات والتعويضات والتوافيق. وترك لنا عدد غير قليل من كبار اللغويين، بدءاً بالخليل نفسه، كتاباتٍ في علم الرموز وتحليلها[٥].

إبان هذا النشاط التوافيقي الهام، أعلن علماء الجبر وبرهنوا، كما رأينا، في نهاية القرن العاشر للميلاد، قاعدة تشكيل المثلث الحسابي لاحتساب معاملات توسيع «ذي الحدين». فقد أعطى الكرجي[٦] القاعدة:

$$\binom{n}{r} = \binom{n-1}{r-1} + \binom{n-1}{r} \qquad (*)$$

والتوسيع:

$$(a+b)^n = \sum_{r=0}^{n}\binom{n}{r}a^{n-r}b^r$$

(٥) في كتابه الضخم *The Codebreakers*، كتب دافيد كاهْن (David Kahn): «وُلِدَ علم الرموز بين العرب. فكانوا أول من اكتشف طرق تحليل الرموز وكتب عنها». انظر: David Kahn, *The Codebreakers: The Story of Secret Writing* (New York: Macmillan, 1967), p. 93.

ومؤخراً ذكر هذا الحدث، المعروف منذ أمد بعيد، بسبب التوسع في نظرية الرموز. وقام جوزف هامر (Joseph Hammer) في العام ١٨٠٦، بنقل كتاب ابن وحشية إلى الإنكليزية: Ahmad Ibn ʻAli Ibn Waḥshiyah, *Ancient Alphabets and Hieroglyphic Characters Explained,* english translation by Joseph Hammer (London: W. Bulmer, 1806).

انظر أيضاً: C. E. Bosworth, «The Section on Codes and their Decipherment in Qalqashandī's *Ṣubḥ al-a'shā,» Journal of Semitic Studies,* vol. 8 (1963), pp. 17-33.

(٦) السموأل بن يحيى بن عباس المغربي، **الباهر في الجبر**، ملحوظات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدي راشد، سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠ (دمشق: جامعة دمشق، ١٩٧٣)، ص ١٠٤ وما يليها.

الصورة رقم (١٢ ـ ١)

السموأل بن يحيى المغربي (ت ٥٧٠/ ١١٧٤)، **الباهر في الجبر**

(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٢٧١٨).

ينقل السموأل هنا ما كتبه الكرجي (أو الكرخي) في القرن العاشر حول المثلث الحسابي، وهذه أول مرة يذكر فيها المثلث الحسابي في تاريخ الرياضيات قاطبة. ويذكر السموأل في نفس الموضع ما كتبه الكرجي حول برهان قاعدة تكوين هذا المثلث، وكذلك حول فك ذي الحدين، وهي القاعدة التي يمكن كتابتها على هذا النحو:

$$(x+y)n = \sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} x^{n-k} y^{k} \;,\;\; n \in N.$$

وسنجد هذه النتائج في الرياضيات العربية بين القرن العاشر والقرن السابع عشر، عند أمثال نصير الدين الطوسي وجمشيد بن مسعود الكاشي ومحمد بن باقر، ولقد عرفها فيما يبدو الرياضيون اللاتينيون عن طريق هؤلاء.

الصورة رقم (١٢ ـ ٢)

السموأل بن يحيى المغربي، **الباهر في الجبر**

(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٢٧١٨).

نقرأ في هذه الصفحة أول صياغة جبرية للقاعدة التالية:

$x^n x^m = x^{n+m}$ حيث $m, n \in Z$

استخدم الرياضيون الجداول كما نرى هنا كوسيلة لإدخال نوع من الرمزية، ولئن كانت هذه الوسيلة صعبة الاستعمال والتطوير، إلا أنها اتسمت بفائدة كبيرة في هذه المرحلة. وما نقرأه هنا هو أول صياغة عامة معروفة لهذه القاعدة.

ولقد قام علماء الجبر بتطبيق القواعد الجديدة في حساباتهم. فأخذ السموأل مثلاً[٧]، عشرة مجهولات وبحث عن نظام من المعادلات الخطية ذي ستة مجهولات. إذ ذاك وافق العشرة أرقام العشرية، التي اعتُبِرَت كرموز للمجهولات ـ ويقال اليوم أدلتها (Indices) ـ ستة بستة، وحصل هكذا على نظام من ٢١٠ معادلات. واتبع أيضاً طريقة التوافيق لإيجاد الشروط، وهي ٥٠٤، لمقبولية النظام، أي لكونه غير مستحيل. وقد شكلت جميع هذه

(٧) المصدر نفسه، ص ٢٣٢ من النص العربي وص ٧٧ من المقدمة.

النشاطات التوافيقية وهذه القواعد المُكتشفة أثناء البحث اللغوي والدراسات الجبرية، الشروط الملموسة لبروز هذا الفصل الجديد من الرياضيات.

مع ذلك، بقي أن نشير إلى أن شهادة ميلاد هذا الفصل تكمن في التفسير التوافيقي الواضح «للمثلث الحسابي» ولقانون إنشائه. . .، أي للقواعد التي أعطاها الكرجي كأدوات حسابية. فمن المغالاة الاعتقاد بأن علماء الجبر لم يفقهوا هذا التفسير باكراً. بل على العكس، نحن نقتنع أكثر فأكثر بأن علماء الجبر قد لاحظوا هذا التفسير، لكن لم يكن لديهم أيُ دافع عملي لإعطاء صيغة واضحة له. إلا أنهم شعروا بهذه الضرورة عند البدء بتطبيق قواعد الحساب التوافيقي لبحث مسائل في الرياضيات أو مسائل أخرى أرادوا حلها عن طريق الرياضيات. يؤكِد مثلُ السموأل، بشكل أو بآخر، هذا الأمر؛ فمن المحتمل أن يعود التفسير التوافيقي إلى ما قبل القرن الثالث عشر للميلاد، وبمقدورنا اليوم إثبات هذا الأمر بفضل نص مجهول حتى الآن لعالم الرياضيات والفيلسوف نصير الدين الطوسي (١٢٠١ ـ ١٢٧٣م). تدل قراءة هذا النص(٨) على أن هذا الأخير كان على علم بهذا التفسير، ويقدِمه (أي التفسير) ببساطة على أنه شيء مسلم به ويعبِر عنه بمصطلحات، نجدها جزئياً أو كلياً عند خلفائه. وقد أراد الطوسي، في هذا النص، الإجابة عن السؤال الماورائي التالي: «كيف تنبثق كمية لامتناهية من الأشياء من المبدأ الأول والوحيد؟». أي كيف نفسِر اللامتناهي انطلاقاً من الواحد؟ وليس بنيّتنا هنا معالجة سؤال الطوسي الماورائي، إنما فقط التذكير بقصده وهو حل هذه المسألة الفلسفية رياضياً. وفي سياق هذا الحل، حُمِلَ الطوسي على احتساب عدد توافيق n من الكائنات المتمايزة، مأخوذة من k إلى k كائناً، حيث $1 \leq k \leq n$. هكذا قام بحساب $\sum_{k=1}^{n}\binom{n}{k}$ في حال $n = 12$، واستعمل في سياق حسابه، المساواة: $\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$.

ولنذكر الآن، أن الطوسي قد أعطى، في كتابه **في علم الحساب**(٩)، «المثلثَ الحسابي» وقانونَ وضعِه. . . وهنا في النص المذكور، قام بتطبيق بعضٍ من هذه القواعد. لكن، لشرح هذا الحساب، أخذ الطوسي ١٢ حرفاً من الأبجدية، ووافقها ليستنتج صيغه.

ويعود الطوسي بعدئذٍ لمسألته الأصلية، فينظر، إضافةً إلى الـ $n = 12$ عنصراً، إلى $m = 4$ عناصر أولية، حصل انطلاقاً منها على العناصر الـ ١٢ المذكورة. تعود المسألة في الواقع إلى أخذ فئتين من الكائنات: الأولى من $n = 12$ عنصراً متمايزاً، والثانية من $m = 4$

(٨) انظر دراستنا قيد الظهور وهي بعنوان: «Métaphysique et combinatoire».

(٩) نصير الدين الطوسي، «جوامع الحساب بالتخت والتراب،» تحرير أحمد سليم سعيدان، **الأبحاث**، السنة ٢٠، الجزء ٢ (حزيران/يونيو ١٩٦٧)، ص ١٤١ ـ ١٤٦، والسنة ٢٠، الجزء ٣ (أيلول/سبتمبر ١٩٦٧).

عناصر متمايزة، وإلى حساب عدد التوافيق الممكن القيام بها. ويقوم الطوسي بحساب عبارة مكافئة لـ:

$$\sum_{k=0}^{m}\binom{m}{k}\binom{n}{p-k}$$ حيث $0 \leq p \leq 16$.

وانطلاقاً من الطوسي على أقل تقدير، وربما من قبله، لم يتوقف البحث عن التفسير التوافيقي للمثلث الحسابي وعن قانون إنشائه، وكذلك عن مجموعة القواعد الأساسية للتحليل التوافيقي. وكما برهنا سابقاً، ففي نهاية القرن عينه وبداية القرن الرابع عشر للميلاد، يعود كمال الدين الفارسي (ت ١٣١٩م) في بحث عن نظرية الأعداد، إلى هذا التفسير ويُثْبت استعمال «المثلث الحسابي» للترتيبات العددية، وهي النتيجة المنسوبة عادة لباسكال (Pascal). في الواقع، ومن أجل تأليف الأعداد الشكلية (Nombres figurés)[١٠]، يثبت الفارسي علاقة مكافئة للتالية:

$$F_p^q = \sum_{k=1}^{p} F_k^{q-1} = \binom{p+q-1}{q}$$

حيث F_p^q هو العدد الشكلي من المرتبة p ومن الدرجة q، علماً أن $F_1^q = 1$ لأي عدد q.

لكن، وبينما الفارسي منقطع إلى هذه الأعمال في إيران، كان ابن البناء[١١] (ت ١٣٢١م) منصرفاً، في الوقت نفسه في مراكش، إلى التحليل التوافيقي. وهذا الأخير يعود في الواقع للتفسير التوافيقي، ويستعيد القواعد المعروفة من قبله، وعلى الأخص قواعد ترتيب n من الكائنات المتمايزة، من دون ترديد من r إلى r وقواعد التبديلات والتوافيق التي من دون ترديد:

$$(n)_r = n(n-1)...(n-r+1)$$

$$(n)_n = n!$$

$$\binom{n}{r} = \frac{(n)_r}{r!} ,$$

وهي علاقات تُسْتَنْتَج بسهولة من العبارة (*) التي أعطاها الكرجي قبل ذلك بثلاثة قرون.

(١٠) انظر: Roshdi Rashed: «Matériaux pour l'histoire des nombres amiables et de l'analyse combinatoire,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 6, nos. 1-2 (1982), pp. 209-278, et «Nombres amiables, parties aliquotes et nombres figurés aux XIII^e - XIV^e siècles,» pp. 107-147.

(١١) المصدران نفسهما.

لم يخلف الفارسي وابنُ البناء الطوسي فحسب، وإنما استعملا الجزء الأكبر من المعجم الذي اعتمده هذا الأخير. إن هذه الاهتمامات المشتركة، التي تشكِل المصطلحات القسمَ الأكبرَ منها، تدل على أن القضية هي فعلاً قضية تقليد، وتؤكِدُ فرضية كنا قد أطلقناها[١٢] منذ عشرة أعوام، مفادها أن التحليل التوافيقي قد تشكل كفصل رياضي قبل الفارسي وابن البناء. ومع هذين المؤلفين، لم يقتصر تطبيق التحليل التوافيقي على حقل الجبر أو اللغة فقط، وإنما امتد إلى حقول متنوِعة جداً، كالماورائيات مثلاً، أي إلى كلِ حقلٍ يهتمُ بتقسيم مجموعة من الأشياء.

وبقيت هذه النظرية وهذا الفصل إلى ما بعد هذه الحقبة. واستمر التطرق إلى التحليل التوافيقي في مختلف مؤلفات الرياضيات، وتكرست له مقالات مستقلة. فقد، تطرق إلى التحليل التوافيقي، علماءُ رياضيات لاحقون نذكر منهم، على سبيل المثال لا الحصر، الكاشي[١٣]، وابن المالك الدمشقي[١٤]، واليزدي[١٥]، وتقي الدين بن معروف. فاستعاد الثلاثةُ الأوائل المثلث الحسابي، وقاعدتَه وتطبيقاتِه، وأما الأخير فاستعاد مثل الاشتقاق اللغوي في كتابه **في علم الحساب**[١٦]، ليعطي صيغة التبديل. أما فيما يتعلق بمؤلِفي الرسائل المستقلة، فلنذكر هنا، وللمرة الأولى، الحلبي، الذي استعاد مجموعة الصيغ الأساسية، والنص السابق للطوسي في شرحٍ طويلٍ نسبياً، كما قدّم تفسيراً نظرياً للتمييز بين الترتيبات بترديدٍ أو من دونه، مع مراعاة التتالي (المراتب أو النظام) أو من دون مراعاته؛ واستعاد العمل نفسه بالنسبة إلى التوافيق، ولم يتردد في القيام بحساباتٍ طويلةٍ قياساً على عصره[١٧]. ولتسهيل هذه الحسابات، يُظْهِرُ ما أضمرته مقالة الطوسي: العلاقة بين الأعداد الشكلية وعدد التوافيق المختلفة، وذلك بفضل الجدول رقم (١٢ ـ ١)، حيث $n = 12$.

---

(١٢) Rashed, «Matériaux pour l'histoire des nombres amiables et de l'analyse combinatoire,» p. 210.

(١٣) غياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي، **مفتاح الحساب**، تحقيق ونشر أحمد سعيد الدمرداش ومحمد حمدي الحفني الشيخ؛ مراجعة عبد الحميد لطفي (القاهرة: دار الكتاب العربي للطباعة والنشر، ١٩٦٧)، ص ٧٣ ـ ٧٤، حيث يعطي قانون تركيب المثلث الحسابي.

(١٤) ابن المالك الدمشقي، **الإسعاف الأتم** (مخطوطة رياضة، ١٨٢، دار الكتب، القاهرة)؛ يعطي المثلث الحسابي ويشرح تشكيله في الصفحتين ٤٦ ـ ٤٧. يضع الدمشقي في المثلث، الأسماء بالقوة ـ شيء، ومربع... إلخ باختصار.

(١٥) محمد بكر اليزدي، **عيوب الحساب** (اسطنبول، السليمانية، مخطوطة هزيناسي، ١٩٩٣). انظر: المثلث الحسابي، الورقتان ١ و٢٠و ـ ظ.

(١٦) **بغية الطلاب** (مخطوطة، ٤٩٦، مجموعة پول سباث)، الورقتان ١٣٧ظ ـ ١٣٨و.

(١٧) انظر دراستنا قيد الظهور: «Métaphysique et combinatoire».

p \ q	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66	
4	1	4	10	20	35	56	84	120	165	220		
5	1	5	15	35	70	126	210	330	495			
6	1	6	21	56	126	252	462	792				
7	1	7	28	84	210	462	924					
8	1	8	36	120	330	792			5			
9	1	9	45	165	495			9				
10	1	10	55	220			0					
11	1	11	66			4						
12	1	12										
	1											

الجدول رقم (١٢ ـ ١)

التحليل العددي

تقدِم الرياضيات العربية، قياساً على الرياضيات الإغريقية عدداً أكبر من الخوارزميات العددية. وهذه الميزة قد فرضت نفسها على أغلبية المؤرخين، لا سيما بعد الأعمال التي قام بها پول لوكي (Paul Luckey)[١٨] عن الكاشي، وهو عالم رياضيات من القرن الخامس عشر للميلاد. على أن تواريخ الكاشي المتأخرة نسبياً تجعل من الصعوبة توضيحَ الأسباب الحقيقية لهذا الطابع، للتمكُن من وضعه في تصور تاريخي. ويتغير هذا الوضع، إلى حدٍ كبيرٍ، بعد تمكننا من الإثبات بأن إسهام الكاشي يأتي من البعيد، من القرن الثاني عشر للميلاد على الأقل، كما تشهد على ذلك كتابات السموأل[١٩] وشرف الدين الطوسي[٢٠]. وتعيدُنا هذه الأعمال، التي أضفنا إليها حديثاً مقالاً للبيروني، وهو عالم رياضيات وفلكي من القرن

(١٨) Paul Luckey, «Die Ausziehung der *n*-ten Wurzel und der Binomische Lehrsatz in der Islamischen Mathematik,» *Mathematische Annalen*, Bd. 120 (1948), pp. 217-247.

(١٩) Roshdi Rashed, «L'Extraction de la racine n$^{\text{ième}}$ et l'invention des fractions décimales, XI^{e} - XII^{e} siècle,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 18, no. 3 (1978), pp. 191-243, réimprimé dans: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, pp. 93-145.

(٢٠) انظر: Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, *Œuvres mathématiques: Algèbre et géométrie au XII^{e} siècle*, texte édité et traduit par Roshdi Rashed, 2 vols. (Paris: Les Belles lettres, 1986), vol. 1, pp. lix-cxxxiv.

الحادي عشر للميلاد، عدة قرون إلى الوراء، وتوضح أسباب توسع التقنيات العددية. وترتبط هذه الأخيرة ارتباطاً وثيقاً بالجبر وبعلم الفلك القائم على الرصد.

وفي الواقع، لم يكتفِ الجبر بتقديم الطرقَ النظرية الضرورية لهذا التوسع - وأقلها دراسة العبارات الحدودية والقواعد التوافيقية - وإنما قدم أيضاً ميداناً واسعاً لتطبيق هذه التقنيات: الطرق المطورة لتحديد الجذور الموجبة للمعادلات العددية. من جهة أخرى، حملَ البحثُ الفلكي علماءَ الرياضيات على استعادة مسائل الاستكمال لبعض الدالات المثلثية. بعض من هذه الطرق، كما سنرى لاحقاً، قد طُبِق في البحث الكمي في البصريات. فإذا بنا بشكل طبيعي أمام تشكُلِ مجموعةٍ قيّمة من التقنيات العددية، التي من المستحيل وصفها في عدد قليل من الصفحات.

ويفوق أهميةً، عن عدد الخوارزميات العددية التي أوجدها علماء الرياضيات، اكتشافُ محاور جديدة للبحث كالتبرير الرياضي للخوارزميات، والمقارنة بين مختلف الخوارزميات بهدف اختيار الأفضل، أي، وباختصار، التفكير الواعي حول طبيعة التقريبات ونهاياتها.

يبقى، إذاً، أن نعود إلى الحقول الرئيسية التي تقاسمت التحليل العددي: استخراج الجذور لِعدد صحيح وحل المعادلات العددية من جهة، وطرق الاستكمال من جهة أُخرى.

استخراج الجذور التربيعية والتكعيبية

كلما أوغلنا في تاريخ الرياضيات العربية، صادفنا خوارزميات لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية؛ وبعض هذه الخوارزميات ذو أصلٍ إغريقي، والبعض الآخر ربما يكون من أصل هندي وَيُنْسَب البعض منها أخيراً لعلماء الرياضيات العرب أنفسهم. بَيْد أن هذه الخوارزميات، قَرُبَ أصلُها أو بَعُدَ، قد أُدرِجَت في علـم آخر من الرياضيات أعطاها امتدادات جديدة معدِّلاً اتجاهها. فابتداءً من القرن التاسع وحتى القرن الثاني عشر للميلاد على الأقل، احتوى كلُ كتابٍ في علم الحساب العشري - أي كل كتاب في «الحساب» أو في «الجبر» عرضاً عن استخراج الجذور التربيعية والتكعيبية، وأحياناً، وبشكل أوسع، عن استخراج الجذر النوني ($n^{ième}$) لعدد صحيح. ونحن، إذ نذكُر بهذا الواقع، فللتنبّه من الميل إلى تمييز بعض الأعمال، كأعمال كوشيار أو النَسَوِي أو ابن الحصّار. وهذا الامتياز المعطى لهم، ليس فعلاً سوى وليد ظروف؛ وإذا أتى المؤرخون في أعمالهم، على تقديم أسماء هؤلاء المؤلفين، فهذا يعود لسبب بسيط وهو أن أعمالهم قد نُقِلَت إلى لغةٍ أوروبية. لذلك فإن أولى مهماتنا، ستكون إعادة رسم - بالنقاط البارزة على الأقل - للتقليد الذي تعود له هذه الأعمال - التي على كلٍ حال ليست الأكثر تقدماً ولا الأكثر عمقاً - وسيقدم لنا بعض من النصوص التي اكتشفنا، عوناً ثميناً في مهمتنا هذه.

لنبدأ بالخوارزمي: فلقد اقترح، في كتابٍ في علم الحساب مفقودٍ اليوم(٢١)، وحسب ما يُخبرنا عالِم الرياضيات «البغدادي» (ت نحو ١٠٣٧م)، صيغة لتقريب الجذر التربيعي لعدد صحيح N. فإذا قمنا بوضع $N = a^2 + r$، تُكْتَب هذه الصيغة، مع a صحيح، على النحو التالي:

$$(1) \qquad \sqrt{N} = a + \frac{r}{2a} \ .$$

ولم يغفل البغدادي عن التذكير بأن المقصود هنا هو تقريب زائد غير مُرْضٍ. ويكفي للاقتناع أن نطبقه على $\sqrt{2}$ و$\sqrt{3}$(٢٢).

لكن، وفي زمن الخوارزمي، أعطى الإخوة بنو موسى في كتابهم **في مساحة الأشكال المسطحة والكروية**(٢٣)، عبارةً أخرى سُمِيت فيما بعد «قاعدة الأصفار»، وعُمِّمت من دون عناء لأجل استخراج الجذر النوني؛ ونقصد بها العبارة:

$$(2) \qquad \sqrt[n]{N} = \frac{1}{m^k} \sqrt[n]{Nm^{nk}}$$

أياً يكن العددان الصحيحان m وk.

وإذا وضعنا $m = 60$ و$n = 3$، نحصل على عبارة الإخوة بني موسى. واستعيدت هذه القاعدة في مُعظم كتب الرياضيات. فهكذا، اقتصاراً على ثلاثة أمثلة فقط، نجد هذه القاعدة في كتاب **الفصول** الذي ألفه الإقليدسي في العام ٩٥٢م لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية(٢٤)، وفي كتاب **التكملة** للبغدادي، لاستخراج الجذر التكعيبي(٢٥)، وفي **رسالة الحساب الهندي** للسموأل (العام ١١٧٢/١١٧٣م) لاستخراج الجذر النوني.

ويدلُ كل شيء فيما بعد على إرادةٍ عند علماء الرياضيات في إيجاد صِيَغ أفضل للتقريب. فقد أعطى الإقليدسي في المقالة المذكورة أعلاه، العبارةَ التالية، مَن جملة عبارات:

$$(3) \qquad \sqrt{N} = a + \frac{r}{2a+1}$$

---

(٢١) حتى الساعة، لم يُعرف هذا الكتاب إلا من خلال تأثيرات نسخته اللاتينية. انظر في هذا الخصوص الفصل السادس عشر الموضوع من قبل أندريه آلار ضمن هذا الجزء من الموسوعة.

(٢٢) انظر: أبو منصور عبد القاهر بن طاهر البغدادي، **التكملة في الحساب مع رسالة في المساحة**، تحقيق أحمد سليم سعيدان (الكويت: معهد المخطوطات العربية، ١٩٨٥)، ص ٧٦.

(٢٣) محمد بن موسى بن شاكر، **رسائل الطوسي** (حيدر آباد، الهند: [د.ن.]، ١٩٤٠)، مج ٢، ص ٢٥. انظر أيضاً الترجمة اللاتينية في: Marshall Clagett, ed., *Archimedes in the Middle Ages,* University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 6, 5 vols. (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1964 - 1984), vol. 1, p. 350, and the commentary by the editor, p. 367.

(٢٤) أبو الحسن أحمد بن إبراهيم الإقليدسي، **الفصول في الحساب الهندي**، تحقيق أحمد سعيد سعيدان (عمان: اللجنة الأردنية للتعريب والنشر والترجمة، ١٩٧٣)، ص ٢١٨ و٣١٣ ـ ٣١٤.

(٢٥) البغدادي، **التكملة في الحساب مع رسالة في المساحة**، ص ٧٦ ـ ٨٠ و٨٤ ـ ٩٤.

والتي سُمِيت فيما بعد «التقريب الاصطلاحي» («Approximation conventionnelle»)، وكذلك أُطْلِقَ على $2a+1$ ما معناه «المخرج الاصطلاحي»، حسب نصير الدين الطوسي ومن بعده الكاشي.

أعطى البغدادي التقريب الاصطلاحي من أجل الجذر التكعيبي لـ N، فإذا وضعنا $N = a^3 + r$، حيث a عدد صحيح، نحصل على:

$$\sqrt[3]{N} = a + \frac{r}{3a^2 + 3a + 1} \; . \qquad (4)$$

وحتى لا نضيع في التفاصيل، لن نعدِد هنا مجموعة الصيغ التي أعطاها عدة علماء في الرياضيات لتقريب الجذور. وبالمقابل، سنتوقف عند إسهامين من نهاية القرن العاشر للميلاد، وهذان الإسهامان، من دون أنْ يتعادلا البتة، مرتبطان، إذ إن المقصود فعلاً هو الخوارزمية التي توصل إلى خوارزمية روفيني - هورنر (Ruffini-Horner). يطبِّق كوشيار بن لبّان هذه الخوارزمية، ذات الأصل الهندي حسب كل ترجيح، في كتابه **حول علم الحساب**[٢٦]. ونحن نعرف الآن أن ابن الهيثم، لم يكن فقط على علم بهذه الخوارزمية، بل أيضاً حاول جاهداً إعطاءها إثباتاً رياضياً. ونعرض هنا طريقتَه الشاملة إنما بأسلوب مختلف.

لتكن الحدودية $f(x)$ ذات المعاملات الصحيحة ولتكن المعادلة:

$$f(x) = N \; . \qquad (5)$$

وليكن s جذراً موجباً لهذه المعادلة، ولنفترض $(s_i)_{i\geq 0}$ متتالية لأعداد صحيحة موجبة بحيث يكون، بالنسبة إلى كل مؤشر k: $\sum_{i=0}^{k} s_i \leq s$؛ وكل s_i يسمى جزءاً من s.

من البديهي أن للمعادلة:

$$f_0(x) = f(x + s_0) - f(s_0) = N - f(s_0) = N_0 \qquad (6)$$

جذور المعادلة (5) بإنقاص s_0 من كل منها.

لنشكل بالاستقراء، بالنسبة إلى كل i، حيث $i > 0$، المعادلة:

$$\begin{aligned} f_i(x) &= f(x + s_0 + \dots + s_i) - f(s_0 + \dots + s_i) \qquad (7)\\ &= [N - f(s_0 + \dots + s_{i-1})] - [(f(s_0 + \dots + s_i) - \\ &\quad f(s_0 + \dots + s_{i-1})] = N_i \end{aligned}$$

---

(٢٦) Kūshyār Ibn Labbān, *Principles of Hindu Reckoning*, translated by Martin Levey and Marvin Petruct (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1965),

النص العربي له حققه أحمد سعيدان ونشره في: **مجلة معهد المخطوطات العربية** (القاهرة) (أيار / مايو ١٩٦٧).

وجذور المعادلة (7) هي جذور المعادلة (5) بانقاص $s_0 + s_1 + ... + s_i$ من كلٍ منها.

وهكذا مثلاً بالنسبة لِ: $i = 1$، نحصل على:

$$f_1(x) = f(x + s_0 + s_1) - f(s_0 + s_1)$$
$$= [N - f(s_0)] - [f(s_0 + s_1) - f(s_0)]$$
$$= N_0 - [f(s_0 + s_1) - f(s_0)] = N_1.$$

تُعطي الطريقةُ التي قام ابن الهيثم بتطبيقها وبتبريرها واستعملها كوشيار، والمسماة طريقة روفيني - هورنر، خوارزمية تتيحُ الحصولَ على معاملات المعادلة من المرتبة i انطلاقاً من معاملات المعادلة من المرتبة $(i - 1)$. وهنا تكمن الفكرة الأساسية لهذه الطريقة[٢٧].

لنبدأ باستخراجِ الجذر النوني (من الدرجة n)، المعروف منذ القرن الثاني عشر للميلاد، إنْ لم يكن قبلاً. وهنا لدينا:

$$f(x) = x^n$$

فإذا كنا على علم بصيغة «ذي الحدين» التي أعطاها، كما ذكرنا، الكرجي في القرن العاشر للميلاد فلن تعوّد لنا حاجة بمعرفة جدول هورنر. في هذا الحال تصبح معاملات المعادلة ذات المرتبة i:

$$k \in \{1,\ 2,\ ...,\ n\} \quad \text{حيث} \quad \binom{n}{k}\ (s_0 + ... + s_{i-1})^{n-k}$$

و (8)

$$N_i = N_{i-1} - \sum_{k=1}^{n} \binom{n}{k} (s_0 + ... + s_{i-1})^{n-k} s_i^k$$

لنعد، بعد هذا التمهيد، إلى ابن الهيثم وكوشيار، فيما يخص الجذور التربيعية والتكعيبية. ولنأخذ المعادلة:

$$f(x) = x^2 = N;$$

إذ ذاك نحصل على حالتين:

الحالة الأولى: ويكون فيها N مربعاً لعدد صحيح. ولنفرض أن الجذر يكتب على الشكل التالي: $s = s_0 + s_1 + s_2 + ... + s_h$، حيث $s_i = \sigma_i 10^{h-i}$ بالنسبة إلى كل مؤشر i، $i \leq h$.

قامت أولاً مهمة علماء الرياضيات في القرن الحادي عشر للميلاد على تحديد h والأرقام σ_i. وتُكْتَبُ الصِيغ (8) من جديد:

---

(٢٧) انظر دراستنا قيد الظهور عن استخراج الجذر المربع والجذر المكعب عند ابن الهيثم.

$$1,\ 2(s_0+s_1+...+s_{i-1}), 1,$$

و
$$N_i = N_{i-1} - \left[2(s_0+...+s_{i-1})s_i + s_i^2\right] .$$

ونحدِد عندئذٍ σ_0 بواسطة المتباينتين:

$$\sigma_0^2 10^{2h} \leq N < (\sigma_0+1)^{2h}\ 10^{2h}$$

ونحدِد $\sigma_1.., \sigma_2, \sigma_k$ بالصِيَغ:

$$\sigma_i = \frac{N_i}{2(s_0+...+s_{i-1}).10^{h-i}} .$$

في هذه العبارات، تُحْسَب الـ N_i حيث $(1 \leq i \leq h)$، انطلاقاً من N_{i-1}، بأنْ نطرح منها $\left[2(s_0+...+s_{i-1})s_i + s_i^2\right]$. ومع $i = h$، نجد $N_h = 0$.

الحالة الثانية: ليس N مربعاً لعدد صحيح. يستعمل ابن الهيثم الطريقة عينها لتحديد الجزء الصحيح من الجذر، ويعطي بالتالي كصيغة للتقريب، صيغة الخوارزمي وصيغة «التقريب الاصطلاحي»، اللتين تُكْتَبان مجدداً (باستخدام المصطلحات السابقة نفسها)، على التوالي:

$$(s_0+...+s_h) + \frac{N_h}{2(s_0+...+s_h)}$$

وَ

$$(s_0+....+s_h) + \frac{N_h}{2(s_0+...+s_h)+1} .$$

وهكذا فإنه لا يقوم فقط برسم الخوارزمية، مثل كوشيار، وإنما يعمل جاهداً على إعطاء مبرِراتها الرياضية ويقدم تبريراً لواقع إحاطة هذين التقريبين بالجذر.

ومن أجل استخراج الجذر التكعيبي، تُتْبَعُ طريقة مشابهة. فلنأخذ المعادلة:

$$f(x) = x^3 = N ;$$

وهنا أيضاً لدينا حالتان:

الحالة الأولى: يكون N مكعباً لعدد صحيح. في هذه الحالة، يُحدِد s_0 كالتالي $s_0^3 < N$. إذ ذاك، يعتبر ابن الهيثم كمعاصريه أن $s_1 = s_2 = ... = s_h = 1$.

فَتُكْتَب مجدداً معاملاتُ المعادلة ذات المرتبة i على الشكل التالي:

$$1,\ 3(s_0+i)^2,\ 3(s_0+i),\ 1,$$

$$N_i = N_{i-1} - \left[3(s_0+(i-1))^2 + 3(s_0+(i-1)) + 1\right]$$

فإذا كان N_i مكعباً لعددٍ صحيح، يوجدُ عند ذاك قيمة لـ i تعطي $N_k = 0$، فيكون عندها $(s_0 + k)$ الجذر المطلوب. وكمعاصريه، يرسم ابن الهيثم، بجميع التفاصيل، مختلف خطوات الخوارزمية.

الحالة الثانية: N ليس مكعباً لعدد صحيح. فيعطي ابن الهيثم أيضاً صيغتين متناظرتين مع الصيغتين المذكورتين سابقاً في استخراج الجذر التربيعي، يمكن إعادة كتابتهما على الشكل:

$$(s_0 + ... + s_h) + \frac{N_h}{3(s_0 + ... + s_h)^2}$$

و

$$(s_0 + ... + s_h) + \frac{N_h}{3(s_0 + ... + s_h)^2 + 3(s_0 + ... + s_h) + 1}$$

ونستبين في هذه الأخيرة «التقريب الاصطلاحي».

نجد فيما بعد، مجموعة الطرق والنتائج السابقة، المُكتَسَبة في بداية القرن الحادي عشر للميلاد، ليس فقط عند معاصري علماء الرياضيات هؤلاء، وإنما أيضاً في معظم الرسائل اللاحقة في علم الحساب، وهي كثيرة العدد فعلاً. نذكِر من بينها كتابات النسوي[(٢٨)] وهو خليفة كوشيار، ونصير الدين الطوسي[(٢٩)]، وابن الخوام[(٣٠)] البغدادي، وكمال الدين الفارسي[(٣١)]. . . إلخ.

استخراج الجذر النوني لعدد صحيح

لم تعد الصعوبات المهمة، في تعميم الطرق السابقة وفي صياغة الخوارزمية في حال الجذر من الدرجة n تصادف علماء الرياضيات بعد حيازتهم على المثلث الحسابي وعلى صيغة

---

(٢٨) Heinrich Suter, «Über das Rechenbuch des Alī ben Ahmed el-Nasawī,» *Bibliotheca Mathematica,* vol. 3, no. 7 (1906 - 1907), pp. 113-119, and Ali Ibn Ahmad al-Nasawī, *Nasawī* Nāmih, édité par Abū al-Qāsim Qurbānī (Téhéran: [s. n.], 1973),
انظر ص ٦٥ وما يليها من المقدمة الفارسية وص ٨ وما يليها من صورة النص العربي المنشور.

(٢٩) الطوسي، «جوامع الحساب بالتخت والتراب،» ص ١٤١ وما يليها و٢٦٦ وما يليها.

(٣٠) ابن الخوام، **الفوائد البهائية في القواعد الحسابية** (مخطوطة شرقية، ٥٦١٥، المكتبة البريطانية)، الورقتان ٧ظ و٨و.

(٣١) انظر: Kamal al-Dīn al-Fārisī, «Asās al-Qawā'id,» édité par M. Mawaldi (Thèse de doctorat, Université de Paris III, 1989),
كمال الدين أبو الحسن الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر،** ٢ ج (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف، ١٣٤٧ ـ ١٣٤٨هـ/ ١٩٢٨ ـ ١٩٣٠م).

«ذي الحدين» منذ نهاية القرن العاشر للميلاد. وفي الواقع، قامت محاولات كهذه في القرن الحادي عشر للميلاد مع البيروني والخيام، لكنها ومع الأسف، قد فقدت؛ تشهد على ذلك المراجع القديمة التي تحتوي على عناوين مقالاتهم المكرسة لمثل هذا التعميم، لكن هذه الشهادات لا تشير البتة إلى طرقهم. ففي إسهامه سنة ١١٧٢/ ١١٧٣م، لم يقم السموأل[٣٢] بتطبيق الطريقة المنسوبة لروفيني ـ هورنر لاستخراج الجذر النوني لعدد صحيح ستيني فحسب، بل صاغ تصوراً واضحاً للتقريب. لقد قصد عالم الرياضيات هذا، مِن القرن الثاني عشر للميلاد، بعبارة «التقريب» ما يلي: معرفة عدد حقيقي بواسطة متتالية من الأعداد المعروفة بتقريب بإمكان الرياضي جعله صغيراً بالقدر الذي يريد. فالمقصود، إذاً، هو قياس التباعد بين الجذر النوني الأصم ومتتالية من الأعداد المنطقة. بدأ السموأل، بعد تحديده لمفهوم التقريب، بتطبيق الطريقة المنسوبة إلى روفيني ـ هورنر على المثل:

$$f(x) = x^5 - Q = 0,$$

حيث: $Q = 0; 0, 0, 2, 33, 43, 36, 48, 8, 16, 52, 30$ (كتابة ستينية).

وهذه الطريقة بقيت حية إلى ما بعد القرن الثاني عشر للميلاد وَوُجدت أيضاً في مقالات أخرى في علم «الحساب الهندي» حسب تعبير ذلك العصر.. ولاحقاً، نجدها أيضاً عند أسلاف الكاشي، وعند الكاشي نفسه، وكذلك عند خلفائه. سنتناول فقط مثلاً من عند هذا الأخير، في كتابه **مفتاح الحساب** حيث قام بحل المعادلة:

$$f(x) = x^5 - N = 0 \quad \text{حيث} \quad N = 44\ 240\ 899\ 506\ 197.$$

وكل ما أردنا قوله هنا هو أن هذه الطريقة كانت معروفة ومنتشرة منذ القرن الثاني عشر للميلاد على الأقل عند علماء الرياضيات العرب. إلا أنها ليست الوحيدة. فهناك طرق أُخرى، وكلها مرتكزة على معرفة صيغة «ذي الحدين»، من دون الاستعانة، بالضرورة، بخوارزمية هورنر. نريد أيضاً التشديد على تعدد هذه الطرق وانتشارها ورواجها ليس فقط في المقالات الأساسية لعلم الحساب، وإنما أيضاً في الشروحات أو في المقالات الرياضية ذات الأهمية الثانوية. ويكفي هنا مثل واحد اختير عشوائياً من بين مؤلِفين لم تتم دراستهم سابقاً؛ هو مثلٌ يعود إلى شارح عاش قبل العام ١٢٤١م هو «أبو المجد بن عطية»[٣٣]، النص الذي شرحه يدور حول كُتاب لعالم رياضيات من القيروان، هو نفسه من الدرجة الثانية، اسمه «الأحدب القيرواني». قام هذا الرياضي بوضع طريقة لاستخراج الجذر النوني، وبرهنها وأعطى عليها أمثلة عددية. فأعطى مثل الجذر الخماسي

(٣٢) انظر: Rashed: «Matériaux pour l'histoire des nombres amiables et de l'analyse combinatoire,» pp. 209-278, et «Nombres amiables, parties aliquotes et nombres figurés aux XIIIe-XIVe siècles,» pp. 107-147.

(٣٣) انظر المخطوطة ٧٤٧٣، المكتبة البريطانية وبالتحديد بدءاً من الأوراق ٣٦٧ظ ـ ٣٧٤ظ.

لـ $N = 4\ 678\ 757\ 435\ 232$. وافترض ابن عطية أن الجذر على شكل $(a+b+c)$، مع $a = \alpha.10^2$ و $b = \beta.10$. وهذه هي الخطوات الأساسية لخوارزميته:

يكتب أولاً: $N - a^5 = N_1$؛ ويحتسب فيما بعد $\sum_{k=1}^{5}\binom{5}{k}a^{5-k}$.

ثم يضرب حدود هذه العبارة على التوالي (وحسب ترتيبها) بالأعداد: b وb^2 وb^3 وb^4 وb^5 ليحصل على:

$$\sum_{k=1}^{5}\binom{5}{k}a^{5-k}b^k$$

ويحتسب:

$$N_2 = N_1 - \sum_{k=1}^{5}\binom{5}{k}a^{5-k}b^k$$

ومن ثم يقوم بحساب:

$$\sum_{k=1}^{5}\binom{5}{k}(a+b)^{5-k}$$

ويضرب هذه الحدود، على التوالي (وحسب ترتيبها) بالأعداد c وc^2 وc^3 وc^4 وc^5 ليحصل على:

$$\sum_{k=1}^{5}\binom{5}{k}(a+b)^{5-k}c^k$$

ليصل إلى:

$$N_3 = N_2 - \sum_{k=1}^{5}\binom{5}{k}(a+b)^{5-k}c^k = 0\ .$$

وإذا أردنا، الوصول إلى استخراج الجذر النوني الأصم لعدد صحيح، فإننا نجابه وضعاً مشابهاً. فقد أعطى السموأل في رسالته حول علم الحساب قاعدة لتقريب الجزء غير الصحيح من الجذر الأصم لعدد صحيح، بواسطة الكسور. وَيعود مسعاه إلى حل المعادلة العددية:

$$x^n = N$$

فيبدأ بالبحث عن أكبر عدد صحيح x_0 بحيث يكون: $x_0^n \leq N$. وهنا يعالج حالتين:

الحالة الأولى: $x_0^n = N$، وهنا يكون x_0 هو الجذر المطلوب بالتحديد. ورأينا أن السموأل قد عرف طريقة أكيدة للحصول على حل (عندما يكون ذلك ممكناً).

الحالة الثانية: $x^n < N$ أي حالة كون $N^{\frac{1}{n}}$ عدداً أصماً. في هذه الحالة يذكر كتقريب أول:

$$(1) \qquad x' = x_0 + \frac{N - x_0^n}{\left[\sum_{k=1}^{n-1}\binom{n}{k}x_0^{n-k}\right] + 1}$$

أي
$$x' = x_0 + \frac{N - x_0^n}{(x_0+1)^n - x_0^n} \ .$$

وهذا تعميم لما سماه علماءُ الرياضيات «التقريب الاصطلاحي».

وهذا التقريب بالإنقاص، هو من النوعية عينها التي قام أسلاف السموأل العرب بعرضها، لكنه أكثر شمولية. ففي حين أن علماء الحساب الذين لم يُدرِجوا في طرائقهم نتائج الكرجي الهندسية، حصروا تطبيق هذه القاعدة على القوى الأصغر من الثالثة ($n \leq 3$)، تتسع القاعدة هنا لتشمل أية قوة؛ وهذا ما نراه فيما بعد عند العديد من علماء الرياضيات، ومنهم نصير الدين الطوسي والكاشي. على كل حال، ومن أجل تطوير هذه التقريبات، تمّ تكوين الكسور العشرية بطريقة واضحة، كما يدل على ذلك مثلُ السموأل[٣٤].

استخراج الجذور وابتكار الكسور العشرية

رأينا سابقاً[٣٥] أن الإقليدسي قد توصل في منتصف القرن العاشر للميلاد إلى فكرة بديهية عن الكسور العشرية، خلال دراسته قسمة عدد مفرد على العدد ٢. فكتب: «فأما ما كان رسمه على مذهب تنصيف العدد فإن تنصيف الواحد من كل منزلة هو ٥ (خمسة) قبلها. فيجب من ذلك إذا نصّفنا عدداً فرداً فإنا نجعل نصف الواحد ٥ قبله ونُعلّم على منزلة الآحاد، علامة فوقه <′> ليُعلَم به المرتبة وتصير مرتبة الآحاد عشرات لما قبلها»[٣٦].

ومع ذلك، لا تشكل هذه النتيجة القيمة بلا أدنى شك، والمصحوبة بمبدأ سهل للتدوين، نظريةً حقيقية في الكسور العشرية، ولا معرفةً واضحة بها. فهي تعطينا فقطَ قاعدة تجريبية للحساب في حال القسمة على اثنين. فكان لا بد من انتظار علماء الجبر في مدرسة الكرجي للحصول على العرض العام والنظري في هذا المجال. لقد أحس هؤلاء العلماء، بكل بساطة، بضرورة هذه الكسور خلال سعيهم لأن يجدوا تقريباً إلى حد مطلوب، مهما بلغ هذا الحد، للجذر النوني الأصم لعدد صحيح. ولقد أفادوا، لإحداث هذه الكسور، من جبر الحدوديات، ومن قواعده ومن وسائل تمثيله. ولا يَدَعُ العرضُ الأول المعروف لهذه الكسور والذي أعطاه السموأل[٣٧] في العام ١١٧٢ ـ ١١٧٣م، أي

(٣٤) Rashed, Ibid.

(٣٥) انظر الفصل العاشر من هذا الجزء من الموسوعة عن «الأعداد وعلم الحساب».

(٣٦) انظر: الإقليدسي، **الفصول في الحساب الهندي**، ص ١٤٥. انظر أيضاً الترجمة الإنكليزية لأحمد سعيدان، في: Abu al-Hassan Ahmed Ibn Ibrahim al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdisī,* english translation by Ahmad S. Saïdan (Dordrecht; Boston: D. Reidel, 1978).

(٣٧) انظر: Rashed, «L'Extraction de la racine n^ième^ et l'invention des fractions décimales, XI^e^- XII^e^siècle,» pp. 191-243.

شك يحوم حول الوسائل الجبرية ولا حول الهدف أو حول التطبيقات المرجُوة. فهذا العرض، في كتاب السموأل **القوامي في الحساب الهندي**، يتبع مباشرة الفصلَ المكرسَ لتقريب الجذر النوني لعدد صحيح. وحتى عنوانُ الفصل المكرس للكسور العشرية له دلالته: «في وضع أصل واحدٍ تُحدد به جميع أعمال التفريق التي هي القسمة والتجذير والتضليع لجميع هذه المراتب وتصحيح الكسور الواقعة في هذه الأعمال بغير نهاية»(٣٨).

وليس هذا «الأصل الواحد» الذي ذكره السموأل سوى المبدأ المعروف في الجبر والذي سبق أن فسره في كتابه **الباهر** وهو أن لدينا، من الجهة ومن الأخرى لـ x^0، بنية واحدة (بنيتان متطابقتان). يكفي، إذاً، أن نحل 10^0 محل x^0، ومحل القوات الجبرية الأخرى قواتٍ للعدد 10، للحصول على أعداد صحيحة وكسور عشرية، أو كما يكتب السموأل: «كما أن المراتب المتناسبة المبتدئة من مرتبة الآحاد [10^0] تتوالى على نسبة العُشر بغير نهاية، كذلك نتوهم من الجهة الأخرى لِ [10^0] مراتب الأجزاء [من العشر تتوالى] على تلك النسبة ومرتبة الآحاد [10^0] كالواسطة بين مراتب العدد الصحاح التي تتضاعف آحادها على نسبة العُشر وأمثاله بغير نهاية وبين مراتب الأجزاء المتجزئة بغير نهاية»(٣٩).

ويتابع السموأل شروحاته ويعطينا جدولاً ننقله ونحن نُحِل 10^n محل العبارات الكلامية ولا نذكر جميع المواقع:

$$\begin{array}{cccccccccccccc} 10^{13} & 10^{12} \ldots & 10^{9} \ldots & 10^{6} \ldots & 10^{3} \ldots & 10 & 10^{0} & 10^{-1} \ldots & 10^{-3} \ldots & 10^{-6} \ldots & 10^{-9} \ldots & 10^{-12} & 10^{-13} \\ & 4 & 3 & 2 & 1 & & 0 & & 1 & 2 & 3 & 4 & \end{array}$$

ولكتابة الكسور، يفصِل السموأل الجزء الصحيح عن الجزء الكسري، إما بتدوين أرقام المواقع المختلفة، وإما بتدوين المخرج:

$$\begin{array}{ccccccc} 10^{0} & 10^{-1} & 10^{-2} & 10^{-3} & 10^{-4} & 10^{-5} & 10^{-6} \\ 3 & 1 & 6 & 2 & 2 & 7 & 7 \end{array}$$

أو

$$\begin{array}{ccccccc} & & & & & & 3 \\ & 1 & 6 & 2 & 2 & 7 & 7 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

في التقليد الجبري نفسه للسموأل، استعاد الكاشي (المتوفى في عام ١٤٣٦/٧م) بعد فترة طويلة نظرية الكسور العشرية، وقدم عرضاً ذا كفاءة نظرية وحسابية عالية؛ وشدد على التشابه بين النظامين الستيني والعشري، واستعمل الكسور ليس فقط لتقريب الأعداد الحقيقية الجبرية فقط، وإنما أيضاً لتقريب العدد π الذي أعطى قيمته بدقة وصلت إلى $1/0^{16}$.

(٣٨) السموأل بن يحيى بن عباس المغربي، **القوامي في الحساب الهندي**، الورقة ١١١ظ، في:
Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, p. 142.

(٣٩) المصدر نفسه، ص ١٢٢.

وأكثر من ذلك، وعلى حد علمنا، كان أول من أطلق على هذه الكسور اسم «الكسور العَشَرية»(٤٠).

واستمر موضوع الكسور العشرية إلى ما بعد الكاشي في كتابات تقي الدين بن معروف(٤١)، وهو فلكي وعالم رياضيات من القرن السادس عشر للميلاد، كما في كتابات اليزدي(٤٢). وتوحي أدلة عديدة أن هذه الكسور نُقِلت إلى الغرب قبل منتصف القرن السابع عشر للميلاد، وأُطلق عليها، في مخطوطة بيزنطية أُحضرت إلى ڤيينا في العام ١٥٦٢م اسم كسور «الأتراك»(٤٣).

طرق الاستكمال

منذ زمن بعيد، قام علماء الفلك بتطبيق طرق الاستكمال. ولقد بيّن أ. نوجباور (O. Neugebauer) أن علماء الفلك البابليين اتبعوا، استناداً إلى بعض النصوص البابلية المتعلقة بشروق عطارد وغروبه، طريقة الاستكمالات الخطية(٤٤)، في القرن الثاني قبل الميلاد. ولجأ بطلميوس أيضاً إلى هذا الاستكمال الخطي من أجل جداول الأوتار. وهذا يعني أن العلماء العرب في الفلك والرياضيات كانوا على علم بهذا الاستكمال، أقله بفضل بطلميوس، وبأنهم أعطوه العنوان المعبِر: طريقة الفلكيين. لنفترض أن $x_0 > x > x_{-1}$ و $d = x_0 - x_{-1} = x_i - x_{i-1}$، حيث $i = -2, -1, ..., n$؛ فيمكن عند ذلك كتابة الاستكمال الخطي كما يلي:

$$y = y_{-1} + \left(\frac{x - x_{-1}}{d}\right)\triangle y_{-1} \qquad (1)$$

وتكون $\triangle$ الفارق الأول من المرتبة (1).

---

(٤٠) انظر: المصدر نفسه، ص ١٣٢ وما يليها؛ الكاشي، **مفتاح الحساب**، ص ٧٩ و١٢١، و Paul Luckey, *Die Rechenkunsh bei Gamsīd b. Mas'ud al-Kašī* (Wiesbaden: Steiner, 1951), p. 103.

(٤١) مخطوطة **بغية الطلاب**، الورقة ١٣١ ر وما يليها.

(٤٢) في رسالة اليزدي، **عيون الحساب**، لا تفوتنا ملاحظة بعض الإلفة مع الكسور العشرية، بينما يفضل الحساب مع الكسور الستينية والكسور العادية، انظر الورقتين ٩ ظ و٤٩ و ظ.

(٤٣) يُدخل الكاشي خطاً عمودياً يفصل الجزء الكسري؛ ونجد هذا التمثيل عند الغربيين مثل رودولف (Rudolff)، وأبيان (Apian)، وكاردان (Cardan). وكان عالم الرياضيات مزراحي (المولود في القسطنطينية في العام ١٤٥٥م) يستعمل الإشارة ذاتها قبل رودولف. وفيما يتعلق بالمخطوطة البيزنطية، نقرأ خاصة: «كان الأتراك يجرون عمليات الضرب والقسمة على الكسور تبعاً لأسلوب خاص في الحساب. ولقد أدخلوا كسورهم عندما حكموا هنا على أرضنا». ولا يترك المثل الذي أعطاه عالم الرياضيات أدنى شك في أن المقصود هنا هي الكسور العشرية. انظر: Herbert Hunger and Kurt Vogel, eds., *Ein Byzantinisches Rechenbuch des 15. Jahrhunderts* (Wien: Kommissionsverlag der Österreichischen Akademie des Wissenschaften, 1963), p. 32 (problème 36).

(٤٤) انظر: Otto Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity*, 2nd ed. (New York: Dover =

وبحث علماء الفلك، ابتداءً من القرن التاسع للميلاد، عن طرق لوضع الجداول الفلكية والمثلثية واستعمالها، وبهذه المناسبة كان لهم عودة إلى طرق الاستكمال لتطويرها. ففي القرن العاشر، اقترح عالما رياضيات على الأقل طرقاً في الاستكمال من المرتبة الثانية، وهما «ابن يونس» و«الخازن». ولقد أعطى الأول عبارة مكافئة لـ:

$$(2) \qquad y = y_{-1} + \left(\frac{x - x_{-1}}{d}\right)\left[\frac{1}{2}(\Delta y_{-1} + \Delta y_0) + \frac{1}{2}\left(\frac{x - x_{-1}}{d}\right)\Delta^2 y_{-1}\right].$$

ومن البديهي أن المقصود هنا هو استكمال مكافِئ (Parabolique)؛ ويمر المنحني المحدد بـ (2) بالنقطة (x_{-1}, y_{-1}).

أما الخازن[٤٥]، فقد أعطى أيضاً استكمالاً مكافِئاً من نوع الاستكمال الذي نراه عند الكاشي بعد خمسة قرون.

لكن الحدث الأهم في تاريخ طرق الاستكمال بالعربية كان ترجمة زيج براهماغوبتا (Brahmagupta)، الـ (Khandakhādyaka)، إضافة إلى أبحاث البيروني في هذا الحقل.

ولقد استطعنا أنْ نبرهن مؤخراً[٤٦] أن البيروني كان على معرفة بكتاب براهماغوبتا، وكذلك بطريقته في الاستكمال التربيعي، التي يمكن كتابتها على الشكل التالي:

$$(3) \quad y = y_0 + \left(\frac{x - x_0}{d}\right)\left[\frac{\Delta y_{-1} + \Delta y_0}{2} + \frac{1}{2}\left(\frac{x - x_0}{d}\right)\Delta^2 y_{-1}\right].$$

وتفترضُ هذه الطريقة، وبحسب نص للبيروني، أن $x_0 < x$ وتقود إلى الصيغة التالية:

$$y = y_0 + \left(\frac{x_0 - x}{d}\right)\left[\frac{\Delta y_{-1} + \Delta y_0}{2} + \frac{1}{2}\left(\frac{x_0 - x}{d}\right)\Delta^2 y_{-1}\right].$$

وقدم البيروني أيضاً طريقةً أخرى من أصل هندي تبدو أنها مجهولة في المؤلفات القديمة، وأطلق عليها اسمها الهندي: طريقة «سنكلت» (sankalt)، أو بتعبير آخر، الطريقة

= Publications, 1957), p. 28; traduction française par P. Souffrin, *Les Sciences exactes dans l'antiquité* (Arles: Actes Sud, 1990).

(٤٥) انظر: Javad Hamadanizadeh, «Interpolation Schemes in *Dustūr al-Munajjimīn*,» *Centaurus*, vol. 22, no. 1 (1978), pp. 43-52.

(٤٦) انظر: Roshdi Rashed, «As-Samaw'āl, al-Bīrūnī et Brahmagupta: Les Méthodes d'interpolation,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 1 (1991), pp. 101-160.

الحدية، التي تكتب على الشكل:

$$(4) \qquad y = y_0 - \frac{(x_0 - x)(x_0 - x + 1)}{d(d+1)} \triangle y_{-1} \; ;$$

تتبع هذه الطريقة حساب التزايدات من x_i إلى x_{i-1}. ويعطي البيروني نفسه، في مؤلفه الشهير **القانون المسعودي**، طريقة أخرى للاستكمال يكتبها على النحو التالي:

$$(5) \qquad y = y_{-1} + \left(\frac{x - x_{-1}}{d}\right)\left[\triangle y_{-2} + \left(\frac{x - x_{-1}}{d}\right)\triangle^2 y_{-2}\right];$$

نذكر أن تطبيق هذه الصيغة يقتضي من أجل حساب $\triangle y_{-2}$ و $\triangle^2 y_{-2}$ أن يكون: $x_{-2} = (x_{-1} - d) \in]0, \frac{\pi}{2}[$ أي أن يكون $x_{-1} > d$.

لقد طرح تعدد الطرق في نهاية القرن العاشر للميلاد مسألةً جديدةً تعترضُ البحث: كيف نقارن بين مختلف هذه الطرق في سبيل اختيار الأفضل للدالة الجدولية المدروسة؟ يبدأ البيروني نفسه بطرح هذا السؤال، وبمواجهة مختلف الطرق في حال دالة ظلِ التمام، مع صعوباته العائدة لوجود أقطاب. ولقد تصدى السموأل، في القرن اللاحق، بصراحة أكثر، لهذه المهمة. فعمل جاهداً لتطوير الطرق التي عرضها البيروني، أو التي ورثها من علماء الرياضيات الهنود. انطلق السموأل من فكرة التعديل المثقل (Pondération)، واقترح استعمال المعدلات المثقلة، آخذاً بعين الاعتبار الأهمية النسبية لـ $\triangle y_{i-1}$ و $\triangle y_i$. غير أن هذه التساؤلات حول التحسين المُقارَن للطرق هو الذي قاد علماء الرياضيات إلى جانب مسائل أخرى، كمسألة «سرعة» الفوارق التي أشار إليها السموأل. وَمِن دون شك، لم يكن علماء الرياضيات قد استنبطوا بعد الوسائل المفهومية لطرح هذه المسائل، بيد أنهم حاولوا الإجابة عن بعضٍ منها بطرق تجريبية[٤٧].

لم يكتفِ علماء الرياضيات بمتابعة أبحاثهم حول هذه الطرق؛ وإنما طبقوها على مواد غير علم الفلك. فقد استعان كمال الدين الفارسي بواحدة منها ـ المسماة «قوس الخلاف» ـ لإنشاء جدول الانكسارات. وهنا يتبع الفارسي الطريقة التالية: يقسم الفسحة $[0°, 90°]$ إلى جزءين حيث يقرِب الدالة $f(i) = d/i$ (d هي زاوية الانحراف (déviation) و i زاوية السقوط (incidence)) بدالة أفينية (affine) على الفسحة $[40°, 90°]$، وبدالة حدودية من الدرجة الثانية على الفسحة $[0°, 40°]$. ويربط بعدئذٍ بين الاستكمالين.

لكن هذه الطريقة، المسماة «قوس الخلاف» التي طبقها كمال الدين الفارسي في بداية القرن الرابع عشر، تعود إلى الخازن، وهو عالم رياضيات من القرن العاشر، واستعادها فيما بعد في القرن الخامس عشر، الكاشي في مؤلفه **زيج الخاقاني**.

---

(٤٧) المصدر نفسه.

نتبين مما تقدم أن الأعمال التي تحققت في هذا الفصل، هي مراحل من تقليد واحد. لكن لنتوقف بعض الشيء عند الكاشي.

يريد الكاشي حساب خطوط الطول للكواكب. وينطلق من نهار تاريخه صفر، مع خط الطول λ_0. ويأخذ فيما بعد فترات من p يوم ويفترض الـ λ_{-1}، λ_0، λ_p معلومة ويبحث عن حساب خطوط الطول λ_1، λ_2، ... λ_{p-1} في التواريخ $1, 2..., p-1$. فلنَضَع:

$$\Delta_{-1} = \lambda_0 - \lambda_{-1} \quad , \quad \Delta_n = \lambda_{n+1} + \lambda_n,$$

ولنأخذ بعين الاعتبار المتوسطات الحسابية لـ Δ على الفترة $[0,p]$ وهي $m_0(\Delta) = \frac{(\lambda_p - \lambda_0)}{p}$. فإذا أخذنا التزايد المتوسط $m_0(\Delta)$ من أجل احتساب λ_1 و λ_2 و ...، λ_{p-1}، يكون لدينا استكمال خطي: $\lambda_k = \lambda_0 + km_0(\Delta)$. لكن $m_0(\Delta)$ تختلف كثيراً عن Δ_{-1}؛ فنواجه، إذاً، استكمالاً من المرتبة الثانية. وهنا يحدد الكاشي عدداً e، هو تصحيح المعدل الوسطي. نضع:

$$q = \frac{p+1}{2} \qquad \text{حيث} \qquad e = \frac{m_0(\Delta) - \Delta_{-1}}{q}.$$

فإذا اعتبرنا الفارق من المرتبة (2) ثابتاً، يأتي:

$$\Delta_n^2 = \Delta_{n+1} - \Delta_n = e,$$

$$\Delta_m = \Delta_{-1} + (m+1)e$$

و

$$\sum_{m=0}^{k-1} \Delta_m = \lambda_k - \lambda_0 = k\Delta_{-1} + \frac{k(k+1)}{2}e\ ,$$

ونتحقق أنه في حال $k = p$ نجدُ λ_p.

تتوافق هذه الطريقة مع خطوط طول متزايدة. وفي حال كانت خطوط الطول تناقصية، نأخذ بالاعتبار القيمة المطلقة للفروق، والتصحيحات تكون طرحية.

تلك كانت الطرق الرئيسية المعروفة للاستكمال، والمسائل الرئيسية المطروحة. وكلها تشير، ليس فقط إلى أهمية هذا الفصل في التحليل العددي لهذا الزمن، وإنما أيضاً إلى المسافة التي قطعها علماء الرياضيات في حقل حساب الفوارق المنتهية.

التحليل غير المحدّد (اللامحدّد)

لقد بوشر على الأرجح، بأولى الدراسات بالعربية عن التحليل غير المحدد ـ أو ما نسميه اليوم بالتحليل الديوفنطسي ـ في أواسط القرن التاسع للميلاد، أي بعد الخوارزمي

وقبل أبي كامل. فلم يرد التحليل غير المحَدد في كتاب الخوارزمي كفصل قائم بذاته على الرغم من أن هذا الأخير قد تطرق في الجزء الأخير من كتابه، وهو الجزء المخصص لمسائل التركة والقسمة، إلى بعض المسائل غير المحددة، إلا أن لا شيء يدل على اهتمامه بالمعادلات الديوفنطسية لذاتها. فالمكانة التي احتلها فيما بعد هذا التحليل في كتاب أبي كامل الذي ألفه في العام ٨٨٠م، ومستوى دراسة أبي كامل، كما سنرى لاحقاً، وأخيراً ذِكْرُ أبي كامل لعلماء رياضيات آخرين عملوا في هذا الحقل، وذكر مصطلحاتهم الخاصة، كل هذه الأمور لا تدع مجالاً للشك: فأبو كامل ليس الأول، أو الوحيد، في خلافة الخوارزمي في الاهتمام الناشط بالمعادلات هذه. غير أن فقدان النصوص يدفعنا إلى الانطلاق من «جبر» أبي كامل، لنتابع أولاً التحليل غير المحَدد المُنَطّق ومن ثم لنبين كيف تحول هذا التحليل إلى فصلٍ من الجبر، لنعود بعد ذلك إلى وصف ما تم الاعتراف به كحدث منذ عهد قريب: وهو أن التحليل غير المحدد الصحيح[٤٨] قد تشكل، بشكل أو بآخر، ضد التيار الجبري، كجزء لا يتجزأ من نظرية الأعداد.

التحليل الديوفنطسي المنطق[٤٩]

كان مشروع أبي كامل واضحاً حيثُ إنه كتب: «وإنا نبني الآن كثيراً من المسائل التي هي غير محدودة ويسميها بعض الحساب سيالة أعني بها أن تخرج بصوابات كثيرة بقياس مقنع ومذهب واضح. منها ما يدور بين الحساب بالأبواب[٥٠] بلا عِلة قائمة يعملون عليها ومنها ما استخرجته بأصل صحيح وحيلة سهلة كثيرة المنفعة»[٥١].

---

(٤٨) حيث حلول المعادلات أعداد صحيحة.

(٤٩) حيث حلول المعادلات أعداد منطقة.

(٥٠) استعملت عبارة «باب» بمعانٍ متعددة في ذلك العصر، كما يشهد على ذلك جبر الخوارزمي مثلاً، فهي تُعبر من جهة عن نوع أو صف وهو المرادف لِ «ضرب». كتب الخوارزمي بهذا المعنى: «. . . أن كل ما يعمل به من حساب الجبر والمقابلة، لا بد أن يُخرجك إلى أحد الأبواب الستة التي وصف في كتابي هذا». انظر: أبو عبد الله محمد بن موسى الخوارزمي، **كتاب في الجبر والمقابلة**، تحقيق ونشر علي مصطفى مشرفة ومحمد مرسي أحمد (القاهرة: الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩)، ص ٢٧.

فالمقصود هنا معنى «نوع». كما أن هذه العبارة تعني أيضاً «خوارزمية». فهكذا، بعد إعطائه المعادلة من النوع: «أموال وجذور تعدل عدداً، يعطي المثال $x^2 + 10x = 39$، ويكتب «فبابه أن تنصف الأجذار وهي في هذه المسألة خمسة فتضربها في مثلها فتكون خمسة وعشرين فتزيدها على التسعة والثلاثين فيكون أربعة وستين فتأخذ جذرها وهو ثمانية وتنقص منه نصف الأجذار وهو خمسة فيبقى ثلاثة وهو جذر المال الذي تريد والمال تسعة».

وأخيراً هناك معنى ثالث، وهو المعنى الشائع، والمستعمل أيضاً في ذلك العصر وهو «فصل». وتوجد هذه الاستعمالات أيضاً في جبر أبي كامل.

(٥١) أبو كامل، **كتاب في الجبر والمقابلة**، الورقة ٧٩ ظ.

ويتابع أبو كامل: «ونبين أيضاً كثيراً مما رسم الحساب في كتبهم وعملوه بالأبواب بالجبر والقياس ليفهمه من قرأه ونظر فيه فهماً صحيحاً ولا يرويه رواية ويُقلد من وضعه»[٥٢]. إن هذا النص أساسي من الناحيتين التاريخية والمنطقية، فهو يُثبت وجودَ بحثٍ في التحليل الديوفنطسي خلال نصف القرن الفاصل بين أبي كامل والخوارزمي. ولقد كرّس علماء الرياضيات، الذين التزموا هذا البحث، كلمةَ «سيالة» للدلالة على المعادلات الديوفنطسية، التي بالتالي فُصِلت، عن طريق اللفظ، عن مجموعة المعادلات الجبرية. كما وأننا نعلم، استناداً لهذا النص لأبي كامل، أن علماء الرياضيات هؤلاء قد اكتفوا بإعطاء نصوصِ بعضِ أنواع هذه المعادلات، والخوارزميات لحلها، لكنهم لم يهتموا لا بمبررات هذه الخوارزميات ولا بطرق إثباتها. ولكِن، من هم علماء الرياضيات هؤلاء؟ لا يَسَعُنا حتى الآن الإجابة عن هذا السؤال بسبب فقدانِ كتاباتِ عدة جبريين قد نشطوا في ذلك الوقت، مثل سند بن علي، وأبي حنيفة الدينوري، وأبي العباس السرخسي...

رمى أبو كامل، إذاً، في كتابه الجبري إلى عدمَ التوقف عند عَرْضٍ مبعثر، وإلى إعطاء عرضٍ أكثر تنظيماً، حيث تظهر الطرق، علاوة عن المسائل وخوارزميات الحل. في الحقيقة، عالج أبو كامل في الجزء الأخير من كتابه الجبري، ٣٨ مسألة ديوفنطسية من الدرجة الثانية، وأربعة أنظمة من معادلات خطية غير محددة، ومجموعة من مسائل تعود إلى متواليات حسابية، ودراسة عن هذه الأخيرة[٥٣]. وتلبي هذه المجموعة الهدف المزدوج لأبي كامل وهو: حل مسائل غير محددة، ومن جهة أخرى الحل بواسطة الجبر لمسائل عالجها علماء الحساب في ذلك العصر. ولنذكر أننا، في المؤلف الجبري لأبي كامل، نصادف وللمرة الأولى في التاريخ - على حدِ علمي - تفريقاً واضحاً بين مسائل محددة ومسائل غير محددة. غير أن تَفَحُص هذه المسائل الديوفنطسية الثماني والثلاثين لا يعكس فقط هذا التفريق؛ إنما يدل أيضاً على أن تتابعَ هذه المسائل لم يكن عشوائياً، لكنه تم حسب ترتيب نستشفه من صياغة أبي كامل. فإن جميع المسائل الخمس والعشرين الأولى تنتمي إلى زمرة واحدة، أعطى لها أبو كامل شرطاً لازماً وكافياً لتحديد الحلول الموجبة المنطقة. لنأخذ هنا مثلين فقط. فإن المسألة الأولى من هذه الفئة[٥٤] تكتب على الشكل:

$$x^2 + 5 = y^2$$

وعَزَم أبو كامل على إعطاء حلين من ضمن كمية لامتناهية من الحلول المنطقية، حسب تصريحاته بالذات. فوضع:

$$y = x + u \quad \text{حيث} \quad u^2 < 5$$

وأخذ على التوالي $u = 1$ و$u = 2$.

---

(٥٢) المصدر نفسه.

(٥٣) يحتل هذا الجزء الورقات ٧٩و-١١٠ظ.

(٥٤) المصدر نفسه، الورقة ٧٩و - ظ.

أما المثل الثاني فهو من الفئة عينها وهو المسألة ١٩[٥٥]:

$$8x - x^2 + 109 = y^2$$

حيث ينظر أبو كامل في الصيغة العامة:

$$ax - x^2 + b = y^2 \qquad (1)$$

ويكتب: «فإذا ورد عليك من المسائل ما يشبه هذه المسألة فاضرب نصف الأجذار في مثله وزده على الدراهم، فإن انقسم ما بلغ منه بقسمين يكون لكل واحد منهما جذر، فإن المسألة مفتوحة ويخرج لها من الصوابات ما لا يُحصى. وإن لم ينقسم ما بلغ منه بقسمين لكل واحد منهما جذر، فإن المسألة صماء لا تخرج»[٥٦]. ولهذا النص أهمية خاصة في تاريخ التحليل الديوفنطسي لأنه يعطي السبب الكافي لتحديد الحلول المُنطقة الموجبة للمعادلة السابقة. فهذه المعادلة تكتب على الشكل:

$$y^2 + \left(\frac{a}{2} - x\right) = b + \left(\frac{a}{2}\right)^2 ;$$

وبوضعِنا: $x = \dfrac{a-t}{2}$، نحصل على:

$$y^2 + \left(\frac{t}{2}\right)^2 = b + \left(\frac{a}{2}\right)^2 , \qquad (2)$$

وهكذا تعود المسألة لتقسيم عددٍ، وهو مجموعُ مربعين، إلى مربعين آخرين: وهي المسألة ١٢ من الفئة عينها، التي سبق وحلها أبو كامل. فلنفترض هنا أن:

$$b + \left(\frac{a}{2}\right)^2 = u^2 + v^2$$

حيث u وv أعداد منطقة. وضع أبو كامل:

$$y = u + \tau$$

$$t = 2(k\tau - v) ;$$

وقام بالتعويض في (2) فوجد قيمة كل من y وt ومن ثم قيمة x. هكذا تيقن من الحصول على جميع الحلول، في حال التمكنِ من كتابة إحدى المتغيرات كدالة منطقة بالمتغيرة الأخرى؛ أو بتعبير آخر أنه في حال التمكُن من إيجاد وسائط مُنَطقة فإننا نحصل على جميع الحلول؛ بينما، بالمقابل، لا نحصل على أي حل في حال قادنا المجموع إلى عبارةٍ لا يُحاطُ جذرُها. وبتعبير آخر غير معروف مِن قِبل أبي كامل، ليس لمنحنٍ من الدرجة الثانية من

---

(٥٥) المصدر نفسه، الورقة ٨٧ر - ظ.

(٥٦) المصدر نفسه، الورقة ٨٧ر.

النوع 0 (صِفر) أيُ نقطة منطقة أو أنها مكافئة بالنطق التربيعي (birationnellement) لخط مستقيم.

تتألف الفئة الثانية من ثلاث عشرة مسألة ـ ٢٦ إلى ٣٨ ـ من المستحيل جعل وسائطها منطقة، أي (وهذه المرة أيضاً بتعبير يجهله أبو كامل) أنها جميعاً تحدِد منحنيات من النوع (1). فعلى سبيل المثال تكتب المسألة ٣١(٥٧) على الشكل:

$$x^2 + x = y^2$$
$$x^2 + 1 = z^2$$

وتُحدِد منحنياً تربيعياً «أعسر» (gauche) وهو منحنٍ من الصنف (1) من الفضاء المتآلف (الأفيني) A^3.

أما الفئة الثالثة من المسائل غير المحددة، فتتألف من أنظمةٍ لمعادلات خطية من طراز المثل ٣٩(٥٨) الذي يُكتب:

$$\begin{aligned} x + ay + az + at &= u, \\ bx + y + bz + bt &= u, \\ cx + cy + z + ct &= u, \\ dx + dy + dz + t &= u. \end{aligned}$$

إن هذا الاهتمام بالتحليل غير المحدد، الذي انتهى إلى إسهام أبي كامل، أدّى إلى حدثٍ آخر: ترجمة مؤلف ديوفنطس في علم الحساب. فخلال العقد الذي كتب فيه أبو كامل كتابه الجبري في العاصمة المصرية، كان قسطا بن لوقا يترجم في بغداد سبعة كتب من المؤلف الحسابي لديوفنطس. وكان هذا الحدث حاسماً إنْ لجهة تطور التحليل غير المحدد أو لجهة تقنيات الحساب الجبري. لقد أثبتنا(٥٩) أن الصيغة العربية من حساب ديوفنطس تتألف من ثلاثة كتب، موجودة أيضاً في النص الإغريقي الذي وصلنا، ومن أربعة كتب خاصة، أي مفقودة باللغة الإغريقية، ووضعت ترجمتها بالتعابير التي استنبطها الخوارزمي. ولم يكتف

---

(٥٧) المصدر نفسه، الورقة ٩٢ظ.

(٥٨) المصدر نفسه، الورقة ٩٥و - ظ.

(٥٩) انظر: Diophante, *Les Arithmétiques*, texte établi et traduit par Roshdi Rashed, collection des universités de France (Paris: Les Belles lettres, 1984), vol. 3, et Roshdi Rashed, «Les Travaux perdus de Diophante, I et II,» *Revue d'histoire des sciences*, vol. 27, no. 1 (1974), pp. 97-122 et vol. 28, no. 2 (1975), pp. 3-30.

وانظر المقدمة لطبعة *Princeps* في: ديوفنطس الإسكندراني، **صناعة الجبر**، ترجمة قسطا بن لوقا؛ تحقيق وتقديم رشدي راشد، التراث العلمي؛ ١ (القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥)، ص ١٣ وما يليها من المقدمة.

المترجم بإعطاء هذا المؤلف الحسابي تأويلاً جبرياً ضمنياً، بل إنه أعطى لمؤلف ديوفنطس المذكور العنوان **صناعة الجبر**. وقد دُرست الصيغة العربية من هذا المؤلف الحسابي وقدمت شروحات لها. ونحن نعلم حتى الساعة بوجود أربعة من هذه الشروحات، ثلاثة منها لا تزال مفقودة. وحسب كتّاب الطبقات نعرف أن قسطا بن لوقا قام شخصياً بشرح ثلاثة كتب من **علوم الحساب**[٦٠]، وأن أبا الوفاء البوزجاني أراد برهنة القضايا وربما الخوارزميات التي اتبعها ديوفنطس[٦١]. وأعطى الكرجي[٦٢]، في كتابه **الفخري** تفسيراً لأربعة كتب من **علوم الحساب**؛ وكذلك قام خلفه السموأل بشرح كتاب ديوفنطس. إن شرحَ الكرجي هو الوحيد الذي وصلنا من بين هذه الأربعة التي، كما نعتقد، ليست الشروحات الوحيدة لديوفنطس. لكن، علاوة عن هذه الشروحات، عالج علماء الجبر في مختلف مؤلفاتهم التحليلَ غير المحدد الذي سيتغير نظامه مع الكرجي.

فلقد عالج الكرجي نفسه تحليل ديوفنطس في ثلاثة مؤلفات، وصلنا منها اثنان. فدرس في كتابه **الفخري** التحليل غير المحدد، قبل أنْ يعلق على ديوفنطس في الكتاب عينه. ويعود إلى هذا الموضوع في كتابه **البديع**، ويذكر في مقدمة هذا الكتاب بعمله الأول في **الفخري**. ولقد ألف كتابَه الثالث مع هذين الأخيرين، لكنه ما زال مفقوداً. وهو، كما كتب في **الفخري** كتاب في **الاستقراء** (أي في التحليل غير المحدد) وضعه في إقليم رَيّ الفارسي، وأنه أراده كتاباً وافياً ودقيقاً عن هذا الموضوع[٦٣].

ولنتمكن من فهم إسهام الكرجي في التحليل غير المحدد، علينا أنْ نتذكر تجديدَه في الجبر الذي شددنا عليه في الفصل السابق. فلقد طور الكرجي التحليل غير المحدد كفصل من فصول الجبر، وأيضاً كأحد أساليب الجبر لتوسيع الحساب الجبري. وقال الكرجي أن التحليل الديوفنطسي، أي «الاستقراء»، عليه مدار أكثر الحساب ولا غنى عنه في كل باب[٦٤]. وهكذا، بعد دراسة الحدوديات التي لها جذر تربيعي وطريقة استخراج هذا الجذر، ننتقل إلى العبارات الجبرية التي لا جذور تربيعية لها إلا بالقوة. وباعتقاد الكرجي أن هذا هو الهدف الأساسي للتحليل الديوفنطسي المُنطق. وبهذا المعنى يُشكِل التحليل الديوفنطسي فصلاً من فصول الجبر. فالطريقة، أو بالأحرى الطرق، هي تلك الواجبة

---

(٦٠) Diophante, Ibid., pp. 10-11.
انظر أيضاً الهامش رقم (٧١).
(٦١) المصدر نفسه.
(٦٢) انظر: Franz Woepcke, *Extrait du Fakhrī: Traité d'algèbre* (Paris: [s. n.], 1853).
انظر أيضاً ترجمة مسائل الكتاب الرابع لديوفنطس (Diophante) والتي اقتبسها الكرخي في الملاحظات المتممة لمؤلف *Les Arithmétiques* أي **علوم الحساب** والتي تتعلق بهذا الكتاب.
(٦٣) المصدر نفسه، ص ٧٤. يجب تصحيح مطالعة وبكيه (Woepcke)، وقراءة بالري وليس بالتري.
(٦٤) انظر: أبو بكر محمد بن الحسن الكرخي، **كتاب البديع في الحساب**، تحقيق ونشر عادل أنبوبا، الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية؛ ٢ (بيروت: الجامعة اللبنانية، ١٩٦٤)، ص ٨.

لإعادة المسألة إلى مساواة بين حدين تتيحُ لنا قوّتاهما الحصولَ على الحلول المُنطقة. وابتداءً من الكرجي أضحى للتحليل الديوفنطسي اسم خاص: «الاستقراء»[٦٥]، وهو تعبير يتضمن أيضاً الازدواجية المذكورة، لأنه يدل على فصلٍ، وعلى طريقة أو مجموعة طرق، وقد حدد الكرجي هذا التعبير في كتاب **الفخري** كما يلي: «الاستقراء في الحساب أن ترِد عليك جملة من جنس أو جنسين أو من ثلاثة أجناس متوالية (أي كثيرة حدود أو عبارة جبرية (المترجم)) وتكون تلك الجملة غير مربعة من جهة ما يدل عليه اللفظ وتكون في المعنى مربعة وأنت تريد أن تعرف جذرها»[٦٦]. ويسترجع الكرجي التحديد عينه في **البديع** ويضيف: «فأقول بأن الاستقراء هو تتبع المقادير حتى تجد مطلوبك»[٦٧].

وتدل قراءة بسيطة لشروحات الكرجي، وكذلك فصول مكرسة في كتابيه للاستقراء، على انقطاعٍ ما عن أسلافه؛ فأسلوب الكرجي مختلف ليس فقط عن أسلوب ديوفنطس، بل أيضاً عن أسلوب أبي كامل. فلم يُعالج الكرجي، بخلاف ديوفنطس، لوائحَ مرتبة لمسائل ولحلولها، وإنما نظم عرضه في **البديع** حول عدد الحدود التي تتألف منها العبارة الجبرية، والفارق بين قواتها. فيعالج مثلاً في المقاطع المتتالية معادلات من النوع:

$$ax^{2n} \pm bx^{2n-1} = y^2\ ,\ ax^{2n} + bx^{2n-2} = y^2\ ,\ ax^2 + bx + c = y^2\ .$$

وعلى كلِ حال، سيقتبس خلفاؤه هذا المبدأ في التنظيم. يبدو جلياً، إذاً، أن الكرجي كان يهدف إلى تقديم عرضٍ منظم. ومن جهة أخرى، سار الكرجي شوطاً بعيداً في المهمة التي بدأها أبو كامل، والرامية لتبيان طرق الحلول ـ بقدر الإمكان ـ لكل صنف من المسائل. لم يشأ الكرجي في **الفخري** التوسع في عرض التحليل الديوفنطسي بالمعنى الذي يفهمه، إذ كرس له كتاباً، كما لاحظنا، وسيعود إليه لاحقاً في **البديع**. وفي **الفخري** يُذكِّر فقط بمبادىء هذا التحليل، منوِّهاً إلى أنه يتعلق (أي التحليل) بوجه خاصٍ بالمعادلة:

$$ax^2 + bx + c = y^2\ , \qquad (1)$$

حيث a و b و c أعداد صحيحة. وحيث ثلاثية الحدود بـ x ليست بمربع؛ لينتقل أخيراً إلى مختلف فئات المسائل، التي بأغلبيتها غير مُحددة. وتُعرض هذه الفئات المختلفة كفئاتٍ لمسائل مرتبة من الأسهل إلى الأصعب، في سبيل إرضاء من يبغي التمرن («المرتاض»)[٦٨]. إنها في الواقِع فئات مِن التمارين غايتُها تآلف القارىء مع «الأصول المذكورة في الكتب إلى الحيلة التي تسوق المسألة منها بموجب لفظ السائل إلى الأصول الستة، فعند ذلك ينتهي بك

(٦٥) اشتُقت هذه العبارة من فعل «استقرأ» الذي يعني المعاينة أو الفحص على التوالي لمختلف الحالات، قبل أخذ المعنى الاصطلاحي للتحليل غير المحدد.

(٦٦) Woepcke, *Extrait du Fakhrī: Traité d'algèbre*, p. 72.

(٦٧) الكرخي، المصدر نفسه، ص ٦٢.

(٦٨) **الفخري**، مخطوطة كوبرولو، ٩٥٠، الورقة ٥٤و.

العمل إلى ما هو مذكور في إخراج المجهولات من المعلومات الذي هو الحساب بعينه»[٦٩].
لم يَدع الكرجي، إذاً، أي ابتكار في هذه الفئات الخمس من المسائل، واقتبس معظم المسائل من الكتب الثاني والثالث والرابع من **علوم الحساب** لديوفنطس، كما اقتبس بعضاً من مسائل الكتاب الأول - كما أثبتنا ذلك بالتفصيل في مكان آخر[٧٠] - وأكثر من نصف المسائل التي درسها أبو كامل. ونلتقي أيضاً مسائل أخرى لا توجد عند هذين المؤلفين، ربما طرحها الكرجي نفسه.

وفي **البديع** حيث يتوجه الكرجي، وحسب تعابيره الخاصة، إلى جمهورٍ أكثر اطلاعاً وأكثر تمرُساً من الجمهور الذي توجه إليه في **الفخري**، يعرض بشكل منهجي الفصل المتعلق بالتحليل الديوفنطسي. فبعد مناقشته لنماذج ذُكِرَت سابقاً، نراه يعود إلى المعادلة (1). وهنا يناقش كلاً من الحالتين: a مربع وc مربع (كعدد منطق)، ويقترح التبديل التالي للمتغيرة: $y = \sqrt{a}x \pm u$ (وكذلك $y = \sqrt{c} \pm ux$). وجدير بالذكر أنه يُعطي صياغة عامة قبل الانتقال إلى الأمثلة. ويورد فيما بعد المعادلة من النوع $ax^{2n} + bx^{2n-1} + c = y^2$ ويقترح إعادتها إلى معادلة من النوع (1).

يعالجُ الكرَجي بعد ذلك العبارات التي لا تتتالى فيها القوات مثل:

$$ax^2 - c = y^2 ,$$

حيث لا يكون a وc مربعين، وإنما المربع هو $\frac{c}{a}$. ويقترح التبديل التالي للمتغيرة:

$$y = ux - \sqrt{\frac{c}{a}}$$

هنا أيضاً يذكر أنه يمكننا بواسطة القسمة إعادة الشكل: $ax^{2n} - cx^{2n-2} = y^2$ إلى الشكل السابق.

وفيما بعد يدرس الكرجي المعادلات من الشكل:

$$ax^2 + c = y^2 ,$$

ويعطي مثلين، الأول حيث $a = 3$ و$c = 13$، والثاني حيث $a = 2$ و$c = 2$؛ ويلاحظ أنه في أحد المثلين تظهر المعادلة $a + c = k^2$. غير أنه يقترح التوسيطين التاليين $y = u$ و $y = ux$ ويحصل على:

$$x^2 = \frac{u^2 - c}{a} \quad \text{و} \quad x^2 = \frac{c}{u^2 - a} ،$$

---

(٦٩) المصدر نفسه.

(٧٠) انظر: ديوفنطس الإسكندراني، **صناعة الجبر**، المقدمة، ص ١٤ - ١٩.



الصورة رقم (١٢ ـ ٣)

ديوفنطس الاسكندراني (بين القرن الثالث والرابع بعد الميلاد)،
صناعة الجبر أو المسائل العددية، ترجمة قسطا بن لوقا البعلبكي
(مخطوطة اسطان قدس، مشهد، ٢٩٥).

نرى هنا عنوان المقالة الرابعة: «في المربعات والمكعبات». لم يبق من الترجمة العربية سوى أربع مقالات فقد أصلها اليوناني. ونجد في هذه المقالات معادلات ديوفنطسية ونظماً من هذه المعادلات، من المرتبة التاسعة، درسها الكرجي كما درسها عدد كبير من الرياضيين بعد القرن العاشر. وقد كان كتاب ديوفنطس أساسياً لتطوير الوسائل الجبرية والتحليل اللامحدود أي التحليل الديوفنطسي.

وهذا لا يجدي أي نفع في حل المسألة. وتعليقاً على هذا الأمر يقول عادل أنبوبا بحقٍ في المقدمة الفرنسية لطبعته المحققة عن **البديع**: «يبدو جلياً أن الكرجي يجهل الكتاب السادس لديوفنطس الذي يقدم له حل المسألة: أولاً، في حال عادلت $a + c$ مربعاً (المقدمتان الأولى والثانية من **علوم الحساب**»[٧١]، اللتان تناسبان القضيتين ١٢ و ١٣ من الكتاب السادس)؛ ثانياً، في حال عرفنا جذراً خاصاً (المقدمة ١٥ العائدة للكتاب السادس). نحن على قناعة تقريباً بأن الكرجي كان يجهل الكتابين الخامس والسادس من **علوم الحساب**، وكذلك نهاية الكتاب الرابع»[٧٢].

ويقوم الكرجي أيضاً بدراسة مسائل أخرى، لا سيما المساواة المزدوجة. ولنُشِرْ هنا فقط إلى المسألة:

$$x^2 + a = y^2$$
$$x^2 - b = z^2 ,$$

التي تحدد منحنياً من الصنف (1) في الفضاء المتآلف (التآلفي ـ Affine) A^3.

لم يكتفِ خلفاءُ الكرجي بتفسير مؤلفه، بل حَاولوا التقدم على الطريق التي رسمها: تطوير «الاستقراء» ليشمل أيضاً بعض المعادلات التكعيبية، واستخلاص الطرق. هكذا يشرح السموأل كتاب **البديع** في كتابه **الباهر**، ويضمن في تحديده «للاستقراء» معادلات من الشكل:

$$y^3 = ax + b .$$

وهنا يؤكد السموأل أن للمعادلة حلولاً بشكلٍ مؤكد في حال كان أحد حدود الطرف الأيمن في منزلة عشرية من الشكل $3k$، أي في حال إمكانية إيجاد جذر تكعيبي له. ولنذكر هنا أن السموأل نظر في حالة $a = 6$ و $b = 10$؛ غير أن للمعادلة حلاً مؤكداً، عند إعطاء a هذه القيمة وأياً تكن القيمة المعطاة لِـ b، ذلك لأن $y^3 \equiv y(mod\ 6)$. لكن في حال $a = 7$، لا يعود للمعادلة $y^3 = 7x + 2$ من حلول، في حين أنها تحقق الشرط المعطى من قبل السموأل. وينظر فيما بعد بالمعادلة:

$$y^3 = ax^2 + bx,$$

أي في حالةٍ لا يكون معها أي من حدود الطرف الأيمن في منزلة عشرية، من الشكل $3k$. يقترح السموأل هنا إيجاد عدد تكعيبي m^3 يؤكد أحد الشرطين التاليين:

$$am^3 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = z^2 \quad \text{أو} \quad bm^3 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 = z^2 .$$

---

(٧١) **الأريتميطيقا** *Les Arithmétiques* الذي ترجم إلى العربية أيضاً تحت عنوان **المسائل العددية**.

(٧٢) تعود هذه الملاحظة للمرة الأولى إلى عادل أنبوبا ناشر **البديع**.

وهذا لا يجدي نفعاً في حل المسألة، إذ إننا سنُقاد إلى مسألةٍ أخرى ليست بأسهل من الأولى.

ولسنا هنا في وارد المتابعة لأعمال خلفاء الكرجي في مجال التحليل الديوفنطسي المُنطق، لكنْ من الجدير ذِكره أن هذا التحليل أضحى منذ ذلك الحين جزءاً من كلِ مقالةٍ جبرية على شيء من الأهمية. ففي النصف الأول من القرن الثاني عشر للميلاد، يقتبس الزنجاني معظم مسائل الكرجي ومسائل الكتب الأربعة الأولى من الصيغة العربية لديوفنطس.

ويطرح ابن الخوام بعض المعادلات الديوفنطسية التي منها معادلة فيرما حيث $n = 3$؛ مع ($x^3 + y^3 = z^3$) وكذلك يفعلُ كمال الدين الفارسي في شرحه المطول لجبر ابن الخوام. وتتلاحقُ هذه الأعمال وهذا الاهتمام بالتحليل غير المحدد ومن دون انقطاع، حتى القرن السابع عشر للميلاد مع اليَزْدي، ولا تنتهي مع الكرجي، خِلافاً لما يؤكده مؤرِخو هذا الفصل من الرياضيات.

التحليل الديوفنطسي الصحيح (بالأعداد الصحيحة)

لم تكن ترجمة كتاب ديوفنطس الحسابي «المسائل العددية» فقط أساسية في انتشار التحليل الديوفنطسي المُنطق كفصل من الجبر، لكنها ساهمت أيضاً في تطور التحليل الديوفنطسي الصحيح كفصل، ليس من الجبر، وإنما من نظرية الأعداد. فلقد شهد القرن العاشر، للمرة الأولى، تشكل هذا الفصل، بفضل الجبر من دون شك، وإنما أيضاً ضد الجبر في الوقت نفسه. فلقد بوشِر فعلاً بدراسة المسائل الديوفنطسية مع متطلبات هي من جهة، الحصول على حلول صحيحة، ومن جهة أُخرى القيام ببراهين على شاكلة براهين إقليدس في الكتب الحسابية من **الأصول**. هذا الدَمج الصريح لأول مرة في التاريخ - للحقل العددي المحدود بالأعداد الصحيحة الموجبة المُعْتَبرة كقطعات من خطوط مستقيمة، وللتقنيات الجبرية ولضرورة البرهان بالأسلوب الإقليدسي البحت - قد أتاح البدء بهذا التحليل الديوفنطسي الجديد.

ولم تقدِم ترجمة مؤلف ديوفنطس الحسابي إلى علماء الرياضيات هؤلاء، طُرُقاً رياضية، بقدر ما قدمت لهم من المسائل في نظرية الأعداد، هذه المسائل التي قاموا بمعالجتها لذاتها وبصياغتها بشكل منهجي، بعكس ما يمكن رؤيته عند ديوفنطس. من هذه المسائل مثلاً مسألة تمثيل عدد كمجموع لمربعين ومسألة الأعداد المتطابقة (Congruents)... إلخ. وباختصار، نلتقي هنا مستهل التحليل الديوفنطسي الجديد بالمعنى الذي قام بتطويره فيما بعد باشيه دو مِزيرياك (Bachet de Méziriac) وفيرما (Fermat)[٧٣]. ومن المذهل أن يخفى

---

(٧٣) Rashed, «L'Analyse diophantienne au X^{ème} siècle: L'Exemple d'al-Khāzin,» pp. 193-222.

هذا الواقع على المؤرخين، حتى على الذين تعرفوا منهم على بعض من أعمال علماء الرياضيات هؤلاء[٧٤]. وأمام هذا النقص، لم يكن بوسع مؤرخين آخرين في الرياضيات سوى اعتبار نظرية الأعداد في الرياضيات العربية غير موجودة في الواقع. وربما يعود السبب الرئيسي لجهل الإسهامات العربية في هذا الفصل إلى غياب الرؤية التاريخية التي، لو وُجدت، لكانت أظهرت أن هذا البحث في التحليل الديوفنطسي الصحيح ليس في إنتاج عالم واحدٍ في الرياضيات، وإنما من إنتاج تقليد كامل ضم، علاوة على الخجندي والخازن، والسجزي، وأبا الجود بن الليث، وابن الهيثم، كما ضم علماء رياضيات أتوا فيما بعد مثل السموأل، وكمال الدين بن يونس، والخلاطي، واليزدي...

إلا أن مؤلفي القرن العاشر للميلاد بالذات قد تنبهوا إلى هذا الوضع الجديد. فقد كتب أحدُهم، بعد تقديمه مبدأ تولد المثلثات القائمة كأعداد، قائلاً: «هذا هو الأصل في معرفة الأقطار للمثلثات التي هي أصول الأجناس، ولم أجد هذا ذكر في شيء من الكتب القديمة ولا ذكره أحد ممن وضع الكتب في الحساب من المحدثين ولا علمت أنه انفتح لأحد من قبلي»[٧٥]. في هذا المقال المجهول الكاتب كما في غيره، بقلم الخازن ـ أحدُ مؤسِسي هذا التقليد ـ أدخل علماء الرياضيات المفاهيم الأساسية لهذا التحليل الجديد: مفهوم المثلث القائم الزاوية البدائي ـ «أصل الأجناس» ـ ومفهوم الموَلّد، وخاصة مفهوم الحل «بقياس ـ أو بمقاسٍ ـ عددٍ ما». والواقع هو أن هذا الحقل الجديد قد نُظِم حول دراسة المثلثات العددية (قائمة الزاوية) والأعداد المتطابقة (Nombres congruents)، وكذلك من تشكيلة مسائل في نظرية الأعداد، مرتبطة بهذين الموضوعين.

وبعد أن أدخل المؤلفُ المجهول للنص السابق ذكرُه، مفاهيمَ الأساس لدراسة المثلثات الفيثاغورية، يتساءل عن الأعداد الصحيحة التي باستطاعتها أن تكون أوتاراً لهذه المثلثات؛ أي عن الأعداد الصحيحة التي يمكن أنْ تتمثل على شكل مجموع مربعين. ويُعْلنُ بنوعٍ خاصٍ أن كل عنصر من متتالية المثلثات الفيثاغورية البدائية يكون وتره على أحد الشكلين: ٥ (بقياس ١٢) أو ١ (بقياس ١٢). غير أنه يذكر ـ كما الخازن بعده ـ أن بعض أعداد هذه المتتالية ـ مثلاً ٤٩ و٧٧ ـ ليست بأوتارٍ لمثلثات كهذه. وكان هذا المؤلف نفسه يعلم أيضاً أنه لا يمكن لبعض الأعداد من الشكل ١ (بقياس ٤) أنْ تكون أوتاراً لمثلثات قائمة بدائية.

ومن ثم يقدم الخازن تحليل القضية التي لم يقدم إقليدس في الأصول برهانها سوى

---

(٧٤) انظر: Rashed, «Nombres amiables, parties aliquotes et nombres figurés aux XIII^e^-XIV^e^ siècles,» pp. 107-147.

(٧٥) Rashed, «L'Analyse diophantienne au X^ème^ sièlce: L'Exemple d'al-Khāzin,» pp. 201-202.

تركيباً (الكتاب العاشر، المقدمة الأولى للقضية ٢٩) وهي القضية التالية:

لتكن ثلاثية الأعداد الصحيحة (x, y, z) حيث $(x, y) = 1$[٧٦]، و x مزدوج. إن الشروط التالية متكافئة:

$$x^2 + y^2 = z^2 \ , \qquad (١)$$

(٢) توجد ثنائية من أعداد صحيحة $p > q > 0$؛ $(p, q) = 1$ وأحدهما مفرد والآخر مزدوج، بحيث يكون:

$$x = 2pq, \quad y = p^2 - q^2, \quad z = p^2 + q^2.$$

ويحلُ الخازن فيما بعد المعادلة[٧٧]:

$$x^2 = x_1^2 + x_2^2 + ... + x_n^2 \ .$$

وطريقة تفكيره عامة، على الرغم من توقفه عند حالة $n = 3$. وينظر بعد ذلك بمعادلتين من الدرجة الرابعة:

$$x^4 + y^2 = z^2 \quad و \quad x^2 + y^2 = z^4$$

لن نتوقف أكثر مما فعلنا عند هذه الدراسات عن المثلثات (القائمة الزاوية) العددية التي تابعها الخازن، ومن بعده أبو الجود بن الليث، لكي نأتي إلى مسألة الأعداد المتطابقة، أي إلى حلول النظام:

$$(1) \qquad \begin{aligned} x^2 + a &= y_1^2, \\ x^2 - a &= y_2^2 \ . \end{aligned}$$

هنا أعطى المؤلِف المجهول للنص السابق الذكر، المتطابقتين:

$$(2) \qquad (u^2 + v^2)^2 \pm 4uv(u^2 - v^2) = (u^2 - v^2 \pm 2uv)^2$$

التي تتيح حل النظام (1) في حال $a = 4uv(u^2 - v^2)$. ويُمكن استنتاج هاتين المتطابقتين مباشرة من التالية:

$$z^2 \pm 2xy = (x \pm y)^2$$

فبوضعنا:

$$x = u^2 - v^2, \quad y = 2uv, \quad z = u^2 + v^2$$

نحصل على (2).

---

(٧٦) يشير (x, y) هنا إلى القاسم المشترك الأكبر لِ x و y.

(٧٧) المصدر نفسه، ص ١٩٣ ـ ٢٢٢.

إذ ذاك يبرهن الخازن المُبَرهنة التالية:

ليكن a عدداً طبيعياً مُعْطى. إن الشرطين التاليين متكافئان: (١) هناك حل للنظام (1)؛ (٢) هناك ثنائية من عددين صحيحين (m, n) بحيث يكون:

$$m^2 + n^2 = x^2,$$
$$2mn = a\ ;$$

في ظل هذه الشروط تكون a على الشكل $a = 4uv(u^2 - v^2)$.

في ظل هذا التقليد بدأت أيضاً دراسة مسألة كتابة عدد صحيح على شكل مجموع مربعين. فقد كرس الخازن عدة قضايا من بحثه لهذه الدراسة. ويدل، خلال هذا البحث المهم، من جهة على معرفة مباشرة بالقضية 19 - III من **علوم الحساب** لديوفنطس ـ وحُكماً بالصيغة العربية لهذا الكتاب ـ ومن جهة أخرى على المُتطابِقة المُصادَفَة قبلاً في الرياضيات القديمة:

$$(p^2 + q^2)(r^2 + s^2) = (pr \pm qs)^2 + (ps \mp qr)^2\ .$$

ويبحث الخازن أيضاً عن حلولٍ صحيحة لنظام المعادلات الديوفنطسية كمسألة: «جِد أربعة أعداد مختلفة بحيث يكون مجموعُها مربعاً، ومجموعُ كل اثنين منها مربعاً»[٧٨]، أي:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = y^2,$$
$$x_i + x_j = z_{ij}^2\ (i < j)$$

وهو نظام من $\binom{4}{2} = 6$ معادلات.

وعلماءُ الرياضيات هؤلاء كانوا أيضاً أول من طرحوا السؤال حول المسائل المستحيلة، مثل الحالة الأولى من «مبرهنة» فيرما. فمن المعروف منذ زمن بعيد أن الخُجندي قد حاول برهان ما يلي: «لا يجتمع من عددين مكعبين عدد مكعب». وحسب الخازن[٧٩]، فإن برهان الخجندي ناقص. ولقد حاول أيضاً أبو جعفر أنْ يبرهن القضية التالية: «لا يمكن أن يجتمع من عددين مكعبين عدد مكعب، كما قد يمكن أن يجتمع من عددين مربعين عدد مربع ولا أن ينقسم عدد مكعب إلى عددين مكعبين، كما قد ينقسم عدد مربع إلى عددين مربعين»[٨٠].

---

(٧٨) المصدر نفسه.

(٧٩) المصدر نفسه، ص ٢٢٠.

(٨٠) المصدر نفسه، ص ٢٢٢.

وكذلك كان برهانُ أبي جعفر ناقصاً. وعلى الرغم من أن هذه المسألة لم تُحل إلا مع أولير (Euler)[٨١]، إلا أنها استمرت في إشغال علماء الرياضيات العرب، الذين أعلنوا فيما بعد استحالة الوضع التالي: $x^4 + y^4 = z^4$.

لم يتوقف البحث في التحليل الديوفنطسي الصحيح وخاصة في المثلثات العددية (القائمة الزاوية) عند رواده في النصف الأول من القرن العاشر للميلاد. بل على العكس، استأنفه خلفاؤهم، وبالروح عينها، خلال النصف الثاني من القرن نفسه وبِداية القرن اللاحق، كما تؤكد أمثلة أبو الجود بن الليث، والسجزي وابن الهيثم. وقام آخرون، فيما بعد، بمتابعة هذا البحث، بطريقة أو بأخرى، مثل كمال الدين بن يونس. ولنبدأ بالتوقف قليلاً عند كتابات أبي الجود والسجزي.

يستعيد أبو الجود بن الليث في رسالة عن المثلثات القائمة الزاوية العددية، مسألة تكوين هذه الأخيرة، والشروط اللازمة لتكوين المثلثات البدائية؛ وعلى الأخص ينشىءُ جداول لتسجيل أضلاع المثلثات الناتجة، ومساحاتها، ونسبة هذه المساحات إلى المحيطات، وذلك انطلاقاً من ثنائيات أعداد صحيحة $(p, p+k)$ مع $k = 1, 2, 3...$ ويعودُ أيضاً في نهاية مقالته إلى مسألة الأعداد المتطابقة.

وكذلك اهتم السجزي، الأصغر سناً، بهذه المثلثات، وعلى الأخص بحل المعادلة:

$$v^2 = x_1^2 + ... + x_n^2 \,, \qquad (*)$$

حيث تقضي طريقته بالبحث عن أصغر عدد صحيح t تكون معه $2vt = z^2$.

فيستنتج:

$$(v+t)^2 = x_1^2 + ... + x_n^2 + t^2 + z^2 \,.$$

ويحصل هكذا على عدد يكون المجموع لـ $(n+2)$ مربعاً. ويبرهن أنه إذا عرفنا أن نحلها في الحالتين $n = 2$ و $n = 3$، نستطيع أن نجد الحل في الحالة العامة.

في الواقع، برهن السجزي، عن طريق استقراء (Induction) تام منته، بدائي بعض الشيء، القضية التالية:

(P_n): لكل n، يوجدُ مربع هو مجموعُ n مربعات.

---

(٨١) رياضي سويسري (١٧٠٧ ـ ١٧٨٣م). (المترجم).

هكذا، يعطي البرهانَ أولاً في الحال P_2، أي:

$$x^2 + y^2 = z^2$$

بالتحليل والتركيب. يعود تحليله في الواقع للدلالة هندسياً على:

$$y^2 = (z - x)(z + x) \;;$$

أما في التركيب، فيأخذ الحد المزدَوِج، ليكن y^2 مثلاً:

$$y^2 = 2^k b(2a) \;,$$

إذ ذاك يكون $x + z$ مزدوجاً ويكون:

$$z + x = 2a \text{ و } z - x = 2^k b$$

فنجد:

$$x = a - 2^{k-1}b \quad \text{و} \quad z = a + 2^{k-1}b \;;$$

وهكذا، نجد حلاً لكل k في حال يحقق k الشرط: $k > 0$ و $2^{k-1}b < a$، فيكون $y^2 > 2^{2k}b^2$ وَ $y > 2^k b$ و $y^2 = 2^{k+1}ab$؛ وفي الحالة الخاصة، إذا كانت $b = 1$ يكون لدينا:

$$y^2 = 2^{k+1}a \;,\; 2 \leq 2^k < y,$$

من هنا نستنتج وجود حل إذا كانت y تُقْسم على 2 و$2 < y$ وثلاثة حلول في حال قسمة y على 4 و $8 < y$، وعلى العموم يكون لدينا $2h - 1$ حلاً إذا كانت y تُقسم على 2^h و$y > 2^{2h+1}$.

هكذا، ومن أجل هذه الحالة، يبرهن السجزي أنه، في حال $n = 2$، يوجد مربع يكون مجموع مربعين بأشكالٍ عديدة.

أما في حال P_3، أي في حال المعادلة من النوع:

$$x^2 + y^2 + z^2 = t^2,$$

فَيُدْخِل السجزي شرطاً يحد من عمومية البناء هو الشرط $t = x + y$. ويبرهن فيما بعد أنه، إذا كان لدينا P_n إذ ذاك يكون لدينا $P_n + 2$؛ وهذا يدل على استقراء في حال كان n مزدوجاً وعلى استقراء آخر في حال كان n مفرداً.

ويعطي السجزي جدولاً حتى $n = 9$، ننقله هنا:

عدد الجذور		المربعات									مجموع المربعات
$[n =]$	2	64	36								$100 = 10^2$
	3	36	81	4							$121 = 11^2$
	4	36	64	400	400						$900 = 30^2$
	5	4	4	1	36	36					$81 = 9^2$
	6	900	64	36	400	400	225				$2025 = 45^2$
	7	4	4	1	36	36	36	4			$121 = 11^2$
	8	900	64	36	400	400	225	900	100		$3025 = 55^2$
	9	4	4	1	36	36	36	4	484	484	$1089 = 33^2$

الجدول رقم (١٢ ـ ٢)

نرى أن بنيان هذا الجدول قد تم بواسطة قاعدة السجزي الاستقرائية.

ويمكننا التحقق من أن أعمال أبي الجود بن الليث والسجزي عن التحليل الديوفنطسي تندرج تماماً في تقليد الخازن: فلقد اقتبسا عنه المسائل الرئيسية، ودعّما نوعاً ما الوسائل الهندسية للبرهان، وهذا ما كرس التباعد مع الجبر والتحليل الديوفنطسي المنطق. يبقى أن الخازن وأسلافه في تقليدهم، علاوة عن الاستعمال المقصود للألفاظ الإقليدسية ـ القطع المستقيمة ـ لإعطاء البراهين في هذا الحقل، قد استعانوا ظرفياً بالاستدلالات الحسابية كالذي يهدِف مثلاً إلى الدلالة على أن في كل عنصر من متتالية الثلاثيات الفيثاغورية البدائية، يكون الوتر على أحد الشكلين ٥ (بقياس ١٢) أو ١ (بقياس ١٢). ويبدو أن التحليل الديوفنطسي قد تطور تماماً بهذا الاتجاه في الرياضيات العربية وذلك قبل أنْ ينخرط فيه بالكامِل مع فيرما. وظهرت إرادة لاستبدالِ لغة الهندسة بأساليب حسابية بحتة. ولا نعلم تماماً حتى الآن زمنَ حدوث هذا التطور الهام في المعنى، ولكننا نلتقيه في أعمال علماء الرياضيات فيما بعد. فقد كرس اليزدي بحثاً قصيراً لحل المعادلة الديوفنطسية المذكورة سابقاً (*) (ص ٥٢٧)، بوسائل حسابية بحتة؛ ودرس الحالات المختلفة تبعاً لازدواج الـ x_i أو إفراديتها واستعمل بشكل منهجي حساباً مكافئاً للتطابقين بقياس ٤ وبقياس ٨[٨٢]. ولنذكر هنا مقدمتين من بين المقدمات العديدة التي برهنها، وذلك توضيحاً لمسعاه ولأسلوبه.

---

(٨٢) سيكون هذا النص، وكذلك نصوص أبي الجود بن الليث والسجزي، موضوع بحث منفصل قيد الظهور.

ليكن n مُفْرداً، لكن $n \not\equiv 1$ (بقياس ٨)، إذ ذاك لا يمكن لـ $x_1^2 + \ldots + x_n^2$ أن يكون مربعاً في حال كانت $x_1, \ldots, x_n$ أعداداً مُفردة.

ليكن n مفرداً مع $n \equiv 1$ (بقياس ٨)، وإذا كانت $x_1, \ldots, x_{n-1}$ أعداداً مفردة معطاة، يوجد عدد شفعي x_n بحيث يكون $x_1^2, \ldots, x_n^2$ مربعاً.

وبواسطة مقدمات من هذا النوع قام بصياغة المعادلة (*).

وقد نُقِلَت نتائج عديدة من أعمال العلماء الرياضيين هؤلاء إلى الغرب حيث نلقاها في الـ *Liber Quadratorum* وأحياناً في الـ *Liber Abaci* لفيبوناتشي؛ لكن تجديد هذا الفصل سيتم بفضل ابتكار فيرما لطريقة «النزول (أو الانحدار) اللانهائي» (Descente infinie).

النظرية التقليدية للأعداد

لم يقتصر إسهام علماء الرياضيات في ذلك العصر في نظرية الأعداد على التحليل الديوفنطسي الصحيح. فلقد أدى تياران آخران من البحث، انطلقا من نقطتين مختلفتين، إلى انتشار النظرية الإغريقية في الأعداد وتجديدها. استقى التيار الأول مصدره، وأيضاً مثاله، من الكتب الحسابية الثلاثة من **أصول** إقليدس، بينما يتموضع التيار الثاني في سلالة الحساب الفيثاغوري الحديث، مثلما تظهر في **المقدمة الحسابية** لنيقوماخوس الجرشي (Nicomaque de Gérase). ففي كتب إقليدس نجد نظرية عن الازدواج (Parité) ونظرية عن الخواص الضربية للأعداد الصحيحة: قابلية القسمة، . . . الأعداد الأولية. . . غير أن العدد الصحيح يتمثل، عند إقليدس، بقطعة من خطٍ مستقيم، وهو تمثيل ضروري لبرهان القضايا. فعلى الرغم من مشاطرة الفيثاغوريين المُحدثين لهذا المفهوم عن الأعداد الصحيحة وتمسكهم على الأخص بدراسة الخواص عينها، أو خواص مشتقة منها، إلا أنهم بطرقهم وأهدافهم، قد تميزوا عن إقليدس. فبينما لجأ إقليدس إلى البراهين، استعمل هؤلاء أسلوب الاستقراء فحسب. ومن جهة أخرى، لم يكن لعلم الحساب، بنظر إقليدس، أيُ هدفٍ خارجاً عن هذا العِلم، بينما كان له بنظر نيقوماخوس الجرشي أهداف فلسفية وحتى نفسية. وأدرك علماء الرياضيات العرب بوضوح هذا الفارق في الطريقة، ومنهم ابن الهيثم الذي كتب: «وخواص العدد تتبين على وجهين: أحد الوجهين هو الاستقراء. فإنه إذا استقريت الأعداد ومُيِّزت، وُجد بالتمييز والاعتبار جميع الخواص التي لها. ووجود خواص العدد بهذا الوجه يدعى الأريتماطيقي. ويتبين كذلك في كتاب **الأريتماطيقي**. والوجه الآخر الذي يتبين خواص العدد هو البراهين والمقاييس. وجمع خواص العدد المدركة بالبراهين هو الذي تتضمنه هذه المقالات لإقليدس أو ما يرجع إليها»[٨٣].

(٨٣) أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **شرح مصادرات إقليدس** (مخطوطة فايز الله، اسطنبول، ١٣٥٩)، الورقة ٢١٣ظ.

فالمقصود، إذاً، بنظر علماء الرياضيات في ذلك العصر، هو فارق بين طرق البرهان لا بين كائنات علم الحساب. ونُدرك من حينه أنه، على الرغم من التفضيل الواضح للطريقة الإقليدسية، كان يخطر لعلماء الرياضيات، وحتى للذين كانوا من الأهمية بمنزلة ابن الهيثم، اللجوء إلى الاستقراء في بعض الحالات، تبعاً للمسألة المطروحة؛ فهكذا ناقش ابن الهيثم «المبرهنة الصينية» ومبرهنة ويلسون (Wilson)(٨٤). ومن جهة أخرى، على الرغم من إهمال علماء رياضيات من المرتبة الأولى، وبعض الفلاسفة كابن سينا، للأهداف الفلسفية والنفسية التي نسبها نيقوماخوس لعلم الحساب، فإن علماءَ رياضيات من مرتبة أدنى، وفلاسفة، وأطباء، وموسوعيين. . إلخ، قد أبدوا اهتماماً بعلم الحساب هذا. يرتكز تاريخ هذا العلم، إذاً، على تاريخ الثقافة العامة للإنسان المتعلم في المجتمع الإسلامي على امتداد عصور، ويتجاوز كثيراً إطار هذا الكتاب. فعمداً سنقتصر على مساهمة علم الحساب في انتشار نظرية الأعداد كمادة قائمة بذاتها.

غير أن نظرية الأعداد بالمعنى الإقليدسي والفيثاغوري قد بدأت باكراً قبل نهاية القرن التاسع للميلاد. ولقد عاصرت هذه النظرية ترجمةَ ثابت بن قرة كتابَ نيقوماخوس، ومراجعةَ الأول لترجمة مؤلف **الأصول** لإقليدس. فإن ثابت بن قرة (ت ٩٠١م) هو من بدأ هذا البحث في نظرية الأعداد، بإطلاقه أول نظرية في الأعداد المتحابة. هذا الحدث، الذي عرفه المؤرخون منذ القرن السابق بفضل أعمال ف. وبكيه (F. Woepcke)(٨٥)، لم يأخذ معناه الحقيقي إلا منذ فترة وجيزة، عندما أثبتنا وجود تقليد بأكمله، بدأه ثابت بن قرة بأسلوبٍ إقليدسي خاص، ليصل بعد بضعة قرون إلى الفارسي (ت ١٣١٩م)، بفضل تطبيق الجبر على دراسة أولى الدالات الحسابية الأولية؛ ومن أعلام هذا التقليد عدة أسماء، منها على سبيل المثال لا الحصر: الكرابيسي، والأنطاكي، والقبيصي، وأبو الوفاء البوزجاني، والبغدادي، وابن الهيثم، وابن هود، والكرجي. . . وبالطبع لا يمكننا الادعاء بتفصيل هذا الوصف، في بعض الصفحات وهي المكرسة لهذه النظرية. لذا سنحاول فقط رسم معالم هذه الحركة التي أتينا على ذكرها.

الأعداد المتحابة واكتشاف الدالات الحسابية الأولية

في ختام الكتاب التاسع من **الأصول** أعطى إقليدس نظرية في الأعداد التامة وبرهنَ أن العددَ $n = 2^p(2^{p+1} - 1)$ تام - أيْ يعادلُ مجموعَ قواسمه الفعلية - في حال كان

---

(٨٤) رياضي وفيزيائي اسكوتلندي (١٨٦٩ - ١٩٥٩م).

(٨٥) انظر: Franz Woepcke, «Notice sur une théorie ajoutée par Thābit ben Korrah à l'arithmétique spéculative des grecs,» *Journal asiatique*, 4ième série, tome 20 (octobre-novembre 1852), pp. 420-429,

حيث يقدم وبكيه، في هذا النص، مختصراً لكتيب ثابت بن قرة.

$(2^{p+1}-1)$ عدداً أولياً. لكن إقليدس، كما نيقوماخوس أو أي مؤلف إغريقي، لم يحاول إعطاء نظرية مماثلة للأعداد المتحابة. فقرر ثابت بن قرة، إذاً، بناء هذه النظرية، وأعلن وبرهن، بالأسلوب الإقليدسي البحت، المبرهنة الأهم إلى الآن لهذه الأعداد، التي تحمل اليوم اسمَه.

لنسمِّ $\sigma_0(n)$ مجموع الأجزاء القاسمة لعددٍ صحيح n، و $\sigma(n) = \sigma_0(n) + n$ مجموع قواسم n؛ ولنذكِّر بأن عددين صحيحين يُقال لهما مُتحابان في حال كون: $\sigma_0(a) = b$ و $\sigma_0(b) = a$.

مبرهَنة ابن قرة

في حال $n > 1$، لنضع $p_n = 3.2^n - 1$، و$q_n = 9.2^{2n-1} - 1$؛ فإذا كانت p_{n-1}، وp_n، وq_n أعداداً أولية، عندها يكون العددان $a = 2^n p_{n-1} p_n$ و$b = 2^n q_n$ متحابين.

لنذكر أن برهانَ ابن قرة يرتكزُ على قضية مكافئة للقضية IX-14 من **الأصول**(٨٦)، ويستخدِم من ثم خواص المتسلسلة الهندسية ذات المضاعفة 2 (de raison 2).

غير أنه، ابتداءً من ابن قرة وحتى نهاية القرن السابع عشر للميلاد على الأقل، اقتصر تاريخ النظرية الحسابية في الأعداد المتحابة على ذكر هذه المبرهَنة، وعلى نقل عُلماء الرياضيات لها فيما بعد وعلى حساب الثنائيات من هذه الأعداد. ومن لائحة طويلة لعلماء رياضيين باللغة العربية نستطيع الاحتفاظ بأسماء الأنطاكي (ت ٩٨٧م)، والبغدادي، وابن هود، والكرجي، وابن البناء، والأموي(٨٧). هذه الأسماء، التي سنضيف إليها أسماء أخرى، تُظهِر بما فيه الكفاية ـ بسبب اختلافها الزمني وكذلك الجغرافي ـ الانتشارَ الواسع لمبرهنة ابن قرة، التي نجدها في العام ١٦٣٨م عند ديكارت. لكن يبدو بديهياً، بنظر ديكارت وكما بنظر أسلافه العرب، أن طريقة ابن قرة كانت استنفادية (Exhaustive).

أما بشأن حساب الثنائيات من الأعداد المتحابة، فلم يكلِف ابن قرة نفسه عناءَ حساب ثنائية أخرى غير (٢٢٠ و ٢٨٤)، وهذا ليس عن عجزٍ في إيجاد مزدوجات أخرى وإنما عن قلةِ اهتمامٍ بمثل هذه الحسابات عند هذا الإقليدسي. وكذلك يبدو أن الأنطاكي، بعد

(٨٦) وهذه القضية تكتب هكذا: «إذا كان عدد هو الأصغر الذي يمكن قياسه بأعداد أولية معطاة، فلن يكون من الممكن قياسه بأي عدد أولي آخر، إذا لم يكن من الأعداد التي قاسته قبلاً»؛ وبتعبير آخر، ليس للمضاعَف المشترك الأصغر لأعداد أولية من قواسم أولية أخرى سوى هذه الأعداد.

(٨٧) انظر: Rashed: «Matériaux pour l'histoire des nombres amiables et de l'analyse combinatoire,» pp. 209-218; «Nombres amiables, parties aliquotes et nombres figurés aux XIII^{e}-XIV^{e} siècles,» pp. 107-147, et Roshdi Rashed, «Ibn al-Haytham et les nombres parfaits,» *Historia Mathematica*, vol. 16 (1989), pp. 343-352.



الصورة رقم (١٢ ـ ٤)

ثابت بن قرة، **الأعداد المتحابة** (اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٤٨٣٠).

قام ثابت بن قرة بصياغة أول نظرية لهذه الأعداد في أسلوب إقليدسي تام، واستطاع بذلك أن يكشف أهم نتيجة معروفة حتى القرن الماضي، فضلاً عن برهانه عليها. وقد استمر تناقل هذه المبرهنة بشكل متصل عبر القرون حتى القرن السابع عشر. ونجد نفس المبرهنة أيضاً عند ديكارت وفيرما في القرن السابع عشر.

وهذه المبرهنة هي:

إذا كان $n > 1$، فلنجعل $p_{n=3.2^n-1}$، $q_n = 9.2^{2n-1} - 1$.

فإذا كان p_{n-1} و p_n و q_n أعداد أولية، فإذن $a = 2^n\, p_{n-1}\, p_n$ و $b = 2^n\, q_n$ هما عددان متحابان، عدد زائد وعدد ناقص.

ثلاثة أرباعٍ من القرن، لم يقم بحساب أي مزدوجة أخرى. ولقد بوشر بهذا الحساب، مع علماء الجبْر على وجه الخصوص. فهكذا نجد، عند الفارسي في الشرق، وفي وسط ابن البناء في الغرب، وعند التنوخي وغيره من علماء الرياضيات من القرن الثالث عشر للميلاد، الثنائية (١٧٢٩٦ و١٨٤١٦)، المنسوبة إلى فيرما. ويحتسب اليزدي فيما بعد الثنائية (٩٣٦٣٥٨٤ و٩٤٣٧٠٥٦) المنسوبة إلى ديكارت.

غير أن ملخصاً تاريخياً من هذا النوع، ولو كان الأكمل إلى الآن، يبقى مبتوراً وعَمِياً: فهو يجهل فعلاً الدور الذي لعبه البحث عن الأعداد المتحابة في مُجمل نظرية الأعداد، كما يجهل تدخل الجبر في هذه النظرية. ولن نطيل التوقف عند الأعمال المذكورة سابقاً، وذلك لتقديم هذا التدخل للجبر. فقد قصد كمال الدين الفارسي، العالم الفيزيائي والرياضي الشهير، في بحثٍ ألفه، أن يبينِ مبرهنة ابن قرة بطريقة جبرية. وقد دفعه هذا العمل إلى فقه أولى الدالات الحسابية، وإلى تحضيرٍ قاده إلى إعلان المبرهنة الأساسية في علم الحساب، لأول مرة. وكذلك طور الفارسي الوسائل التوافيقية الضرورية لهذه الدراسة، وطور بالتالي بحثاً كاملاً عن الأعداد الشكلية. وهذا باختصار يعني، أنه خاض في صلب النظرية الأساسية للأعداد، كما نجدها فيما بعد في القرن السابع عشر للميلاد.

فقد جمع الفارسي عبر بحثه القضايا الضرورية لتمييز الدالتين الحسابيتين الأوليين: مجموع قواسم عدد صحيح، وعدد هذه القواسم. يبدأ هذا البحث بثلاث قضايا تكتب الأولى منها على الشكل: «كلُ عدد مركب يتحلل بالضرورة إلى عدد منته من العوامل الأولية، يكون هو حاصل ضربها». ويحاول في القضايا الأخرى (بشكل غير موفق) أن يبرهن وحدانية هذا التحليل.

وخلافاً لنص ابن قرة، لم ينفتح عرضُ الفارسي على قضية مكافئة للقضية $IX - 14$ لإقليدس، ولا حتى على هذه القضية نفسها؛ لكن المؤلِف يعلن بالتتالي وجود تفكك منته إلى عوامل أولية، ووحدانية هذا التفكك. وبفضل هذه المبرهنة، وبفضل الطرق التوافيقية، يُمكِننا أن نحدد بشكلٍ كامل الأجزاء القاسمة لعدد، أيْ، وبحسب تعابير الفارسي بالذات: «كل مركب حُلِّل إلى أضلاعه الأوائل فإن المؤلفة من تلك الأضلاع الثنائية والثلاثية وغيرهما إلى المؤلفة السمية لعدد الأضلاع إلا واحداً كلها أجزاء له».

يفحص الفارسي، في أعقاب هذه القضايا، وسائل التحليل إلى عوامل، وحساب الأجزاء القاسمة تبعاً لعدد العوامل الأولية. ومن دون أدنى شك فإن النتيجة الأهم على هذا المستوى هي المطابقة بين التوافيق والأعداد الشكلية. وهكذا أضحى كلُ شيء جاهزاً لدراسة الدالات الحسابية. في هذا المجال، تناولت فئة أولى من القضايا الدالة $\sigma(n)$. ومع أن الفارسي لم يعالج سوى $\sigma_0(n)$، فإننا نلاحظ معرفته لـ σ على أنها دالة ضربية. وبين قضايا هذه الفئة، نجد على وجه الخصوص:

(١) في حال $n = p_1p_2$، مع $(p_1, p_2) = 1$[٨٨]، يكون:

$$\sigma_0(n) = p_1\sigma_0(p_2) + p_2\sigma_0(p_1) + \sigma_0(p_1)\sigma_0(p_2)$$

مما يدل على معرفته بالعبارة:

$$\sigma(n) = \sigma(p_1)\sigma(p_2).$$

(٢) في حال $n = p_1p_2$، مع p_2 عدد أولي و$(p_1, p_2) = 1$، يكون:

$$\sigma_0(n) = p_2\sigma_0(p_1) + \sigma_0(p_1) + p_1.$$

(٣) في حال $n = p^r$، مع p عدد أولي، يكون:

$$\sigma_0(n) = \sum_{k=0}^{r-1} p^k = \frac{p^r - 1}{p - 1}$$

وكانت هذه القضايا منسوبةً إلى ديكارت حتى الآن.

(٤) وأخيراً حاول، من دون أن ينجح في ذلك (وهذا ما يُمكن تفهمه بسهولة) إعطاء صيغة فعلية في حال $n = p_1p_2$، مع $(p_1, p_2) \neq 1$. وتحتوي زمرة ثانية من المبرهنات على عدة قضايا تتعلق بالقضية $\tau(n)$ أي بعدد قواسم n.

(٥) في حال، $n = p_1p_2...p_r$، مع $p_1, ..., p_r$ أعداد أولية متمايزة، يكون عدد أجزاء n المسمى $\tau_0(n)$ معادلاً لـ:

$$1 + \binom{r}{1} + ... + \binom{r}{r-1}$$

وهذه قضية منسوبة للأب دايدييه (Deidier).

(٦) في حال $n = p_1^{e_1}p_2^{e_2}...p_r^{e_r}$، يكون:

$$\tau(n) = \prod_{i=1}^{r}(e_i + 1)$$

وَ $\tau_0(n) = \tau(n) - 1$؛ وهذه قضية منسوبة لِـ جون كيرسي (John Keresy) ومونمورت (Montmort).

وأخيراً يُبيِن الفارسي مبرهنة ثابت بن قرة. فقد كان يلزمه فعلاً، أنْ يبرهن ببساطة أن:

$$\sigma(2^n p_{n-1}p_n) = \sigma(2^n q_n) = 2^n[p_{n-1}p_n + q_n] = 9.2^{2n-1}(2^{n+1} - 1).$$

(٨٨) p_1 و p_2 أوليان كل منهما بالنسبة إلى الآخر (قاسمهما المشترك = ١). (المترجم).

يدل هذا التحليل المقتضب لبحث الفارسي على ظهور أسلوب جديد، تم زرعه في حقل قديم، وهو نظرية الأعداد. فعلى الرغم من بقائهم على الأرض الإقليدسية لم يتردد علماء الرياضيات في القرن الثالث عشر للميلاد في اللجوء إلى إسهامات الجبر، وخصوصاً إلى التحليل التوافيقي. على أن هذا الميل يظهر أيضاً، عند دراسة علماء الرياضيات كالفارسي وابن البناء للأعداد الشكلية كما رأينا آنفاً[٨٩].

الأعداد التامة

إذا كان علماء الرياضيات بأبحاثهم عن الأعداد المتحابة قد سعوا أيضاً لتمييز هذا الصنف من الأعداد الصحيحة، فإنهم بدراستهم للأعداد التامة قد لاحقوا الهدف عينه. ونحن نعلم ـ عن طريق العالم الرياضي الخازن ـ بالتساؤل في القرن العاشر للميلاد، عن وجود الأعداد التامة المفردة، وهي مسألة لا تزال بغير حل[٩٠]. وحصل البغدادي[٩١] في نهاية ذلك القرن وبداية القرن اللاحق على بعض النتائج المتعلقة بهذه المسائل عينها؛ فأعطى ـ على سبيل المثال ـ القضية التالية:

«إذا كان العدد $\sigma_0(2^n) = 2^n - 1$ أولياً فإن العدد $1 + 2 + ... + (2^n - 1)$ يكون عدداً تاماً»، وهذه قاعدة نُسِبَتْ إلى العالم الرياضي ج. بروسيوس (J. Broscius) مِن القرن السابع عشر للميلاد. وكان ابن الهيثم[٩٢]، المعاصر للبغدادي، أول من حاول تمييز هذا الصنف من الأعداد التامة الزوجية، وذلك عندما سعى لتبيان المبرهنة التالية:

إذا كان n عدداً زوجياً، يكون الشرطان التاليان متكافئين:

(١) في حال كان $n = 2^p(2^{p+1} - 1)$، وكان $(2^{p+1} - 1)$ أولياً، إذ ذاك يكون $\sigma_0(n) = n$؛

(٢) في حال كان $\sigma_0(n) = n$، إذ ذاك يكون $n = 2^p(2^{p+1} - 1)$ ويكون $(2^{p+1} - 1)$ أولياً.

ونعلم أن الشرط الأول، ليس سوى القضية $IX - 36$ من **أصول** إقليدس. فيحاول، إذاً، ابن الهيثم أنْ يبرهن أيضاً أن كل عدد تام زوجي هو على الشكل

---

(٨٩) Rashed, Ibid.

(٩٠) وقال الخازن: «ولذلك وقع للسائلين <عن الأعداد الزائدة والناقصة والتامة> سؤال هل يوجد عدد تام من الأعداد الأفراد أم لا؟». انظر النص العربي الذي نشره عادل أنبوبا، في: الكرخي، **كتاب البديع في الحساب**، ص ١٥٧.

(٩١) انظر: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, p. 267.

(٩٢) Rashed, «Ibn al-Haytham et les nombres parfaits,» pp. 343-352.

الإقليدسي، وهي المبرهَنة التي أثبتها أولير (Euler) بالشكل القاطع. ولنذكر أن ابنَ الهيثم لم يحاول أنْ يحسب أعداداً تامة أخرى غير تلك المعروفة والمنقولة تقليدياً، وذلك مثلما تعامَل ثابت بن قرة مع الأعداد المتحابة. وهذه المهمة الحسابية ستكون مهمة علماء رياضيات من طبقة أدنى، أقرب إلى تقليد نيقوماخوس الجرشي، مثل ابن فلّوس (ت ١٢٤٠م) وابن المالك الدمشقي[٩٣] وغيرهما. وتُفيدنا كتاباتهم بأن علماء الرياضيات قد عرفوا في هذه الفترة، الأعداد التامة السبعة الأولى.

تمييز الأعداد الأولية

شكل تمييزُ الأعداد محوراً من محاور البحث في نظرية الأعداد: متحابة أكانت، أم متكافئة[٩٤]، أم تامة. ولن نعجب، في هذه الظروف، من عودة علماء الرياضيات إلى الأعداد الأولية للقيام بمهمة كهذه. وهذا ما فعله تماماً ابن الهيثم خلال حلِه للمسألة التي نسميها «مسألة البواقي الصينية»[٩٥]. فلقد أراد فعلاً حل نظام التطابقات الخطية:

$$x \equiv 1(mod\ i)$$
$$x \equiv 0(mod\ p)$$

حيث p عدد أولي و$1 < i \leq p - 1$.

خلال هذه الدراسة، أعطى معياراً لتحديد الأعداد الأولية، وهو المعروف اليوم تحت اسم «مبرهنة ويلسون» (Wilson):

إذا كانت $n > 1$، يكون الشرطان التاليان متكافئين:

(١) n عدد أولي.

(٢) $(n-1)! \equiv -1(mod\ n)$

أي، حسب تعبير ابن الهيثم «... إن هذا المعنى يلزم في كل عدد أول، أعني أن كل عدد أول ـ وهو الذي لا يعده إلا الواحد فقط ـ فإنه إذا ضربت الأعداد التي قبله بعضها ببعض على الوجه الذي قدمنا وزيد على ما يجتمع واحد كان الذي يجتمع إذا قسم على كل واحد

---

(٩٣) المصدر نفسه.

(٩٤) الأعداد المكافئة لـ a هي الأعداد المحددة بـ $\sigma_o^{-1}(a)$، أي الأعداد التي يكون مجموع القواسم الفعلية لكل منها معادلاً لـ a. مثلاً في حال $a = 57$، يكون $\sigma_o^{-1} = \{159, 559, 703\}$.

(٩٥) انظر: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* p. 238.

من الأعداد التي قبل العدد الأول بقي منه واحد وإذا قسم على العدد الأول لم يبقَ منه شيء»[٩٦].

ونجد دراسة هذا النظام من التطابقات جزئياً عند خلفاء ابن الهيثم في القرن الثاني عشر للميلاد، كالخِلاطِي بالعربية وفيبوناتشي باللاتينية[٩٧].

ويمكننا، إلى هذه الحقول من النظرية في الرياضيات العربية، إضافة عدد كبير من النتائج التي تدخل في سياق عِلم حساب نيقوماخوس التي تطورت عن طريق علماء الحساب أو علماء الجبر، أو ببساطة، من أجل احتياجات ممارساتٍ أخرى كالمربعات السحرية أو الألعاب الحسابية. ونُذكِر في هذا المجال بحواصل جمع قواتِ الأعدادِ الطبيعية، وبالأعداد المضلعية، وبمسائل عن تطابقات خطية... إلخ. هذه النشاطات تُشكِلُ مجموعة هائلة من النتائج، التي توسع وتبرهن ما كان مَعلوماً في السابق وما ليس من إمكانية لذكرِه في هذه الصفحات[٩٨].

---

(٩٦) انظر: المصدر نفسه، ص ٢٤٢، و Roshdi Rashed, «Ibn al-Haytham et le théorème de Wilson,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 22, no. 4 (1980), pp. 305-321.

(٩٧) المصدران نفسهما.

(٩٨) المقصود إذاً هو مطالعة الأعمال الحسابية لعلماء الحساب مثل الإقليدسي، والبغدادي، والأموي...؛ ولعلماء الجبر مثل أبي كامل، والبوزجاني، والكرخي، والسموأل؛ والفلاسفة مثل الكندي، وابن سينا، والجوزجاني... إلخ بين مئات آخرين.

ـ ١٣ ـ
التحديدات اللامتناهية في الصغر، وتربيع الهلاليات ومسائل تساوي المحيطات(*)

رشدي راشد

تمثل دراسة مسائل السلوك المقاربي والكائنات اللامتناهية في الصغر جزءاً ملموساً من البحث الرياضي بالعربية. نلتقي هذه الدراسة بمناسبة عرض طرق التقريب أو البحث عن النهايات العظمى كما مر معنا في الفصل السابق. وقد نشطتها المواد الرياضية الجديدة التي يعود تطورها إلى تطور الجبر. ومن هذه المواد نخص بالذكر التحليل العددي ونظرية المعادلات الجبرية. ولكنها، وبغض النظر عن تأثير الجبر، بدأت أيضاً تتكون خلال المحاولات التي بذلت من أجل استيعابٍ أفضلَ للمبرهَنات الهندسية القديمة وصياغتها، أو أيضاً خلال محاولات الإجابة عن أسئلة جديدة أثارتها تطبيقات الهندسة. نذكر هنا، على سبيل المثال، مقالة السجزي عن الخط المقارب لقطع زائد متساوي الأضلاع[١] أو مقالة ابن قرة عن تباطؤ الحركة الظاهرة وتسارعها لمتحرك على فلك البروج[٢]. ويمكن الإكثار من ذكر الظروف التي يقوم فيها الهندسيون العرب بهذه الدراسة، وليست مناقشة القضية

(*) قام بترجمة هذا الفصل منى غانم ونقولا فارس وهما يشكران الدكتور محمد الحجيري لمراجعته الترجمة.

(١) انظر: Roshdi Rashed, «Al-Sijzī et Maïmonide: Commentaire mathématique et philosophique de la proposition II-14 des *Coniques* d'Apollonius,» *Archives internationales d'histoire des sciences,* vol. 37, no. 119 (1987), pp. 263-296; traduction anglaise dans: *Fundamenta Scientiæ,* vol. 8, nos. 3-4 (1987), pp. 241-256.

(٢) Thābit Ibn Qurra, *Œuvres d'astronomie,* texte établi et traduit par Régis Morelon (Paris: Les Belles lettres, 1987), pp. 68-82.

الشهيرة (X – 1) من **الأصول** سوى أحد الأمثلة[٣] على ذلك.

ولكن أهمية أكبر في هذا المجال، تعودُ إلى بحوث الهندسيين ابتداءً من القرن التاسع للميلاد، في سياق انتشار فصول ثلاثة من الرياضيات الهلينستية. يتعلق الفصل الأول بالحساب اللامتناهي في الصغر للمساحات والأحجام. ونبين كيف قام الأرخميدسيون المحدثون العرب بدفع بحث العالم الرياضي السِيراقوسي إلى الأمام. ويعالج الفصل الثاني تربيع الهلاليات؛ وسنرى، في ما يتعلق بهذا الفصل، أن موقع ابن الهيثم أقرب إلى أولير (Euler) منه إلى أبقراط الشيي (Hippocrate de Chios). وأخيراً يهتم الفصل الثالث بالمساحات والأحجام القصوى، في سياق معالجة مسألة تساوي المحيطات. ونقوم هنا بتفحص هذه التيارات الثلاثة من البحث الرياضي الأكثر تقدماً في ذلك العصر.

الحساب اللامتناهي في الصغر للمساحات والأحجام

أثار حسابُ المساحات والأحجام المنحنية، أي التي تحدها ـ ولو جزئياً ـ خطوط منحنية، اهتمامَ العلماء الرياضيين العرب، باكراً نسبياً. فلقد أبصر هذا القطاع، المتقدم من البحث الرياضي، النورَ في القرن التاسع للميلاد، حيث تزامن تقريباً مع ترجمة النصوص الإغريقية الثلاثة العائدة لهذا الحقل: دراسة ما دُعي لاحقاً بطريقة الاستنفاد (إفناء الفرق) (Exhaustion)، ودراسة مساحة سطوح الأجسام المنحنية وأحجامها، ودراسة مراكز الثقل لبعض الأشكال.

ففي بداية القرن التاسع للميلاد، وضع الحجاج بن مطر ترجمة لكتاب **الأصول** لإقليدس. وفي الكتاب العاشر من هذا المؤلف عرف علماء الرياضيات القضية الأساسية الشهيرة التي تقول: «إذا أخذنا مقدارين متفاوتين، وإذا طرحنا من المقدار الأكبر جزءاً أكبر من نِصفه، وإذا طرحنا من الباقي جزءاً أكبر من نصفه، وإذا تابعنا هذه العملية نفسها تكراراً، فسيبقى مقدار ما يكون أصغر من المقدار الأصغر المعطى أساساً»[٤]. وبتعبير آخر:

لنأخذ مقدارين a و b، مع $a > 0$ و$b > 0$ و$a < b$؛ ولتكن المتتالية $(b_n)_{n\geq 1}$:

$$b_n > \frac{1}{2}\left(b - \sum_{k=1}^{n-1} b_k\right)$$

عندئذٍ يوجد n_0 بطريقة يكون معها، ولكل $n > n_0$ لدينا:

$$\left(b - \sum_{k=1}^{n} b_k\right) < a \, .$$

(٣) انظر: Roshdi Rashed, *Œuvres mathématiques d'Ibn al-Haytham* (Paris: [sous presse]).

(٤) انظر: Euclide, *Les Eléments*, traduit par F. Peyrard (Paris: [s.n.], 1819), pp. 258-259.

وكذلك نقل إلى العربية مؤلفان لأرخميدس: **قياس الدائرة**، **والكرة والأسطوانة**. وكان الكندي وبنو موسى[٥] على علم بترجمة الكتاب الأول، بينما قام مساعدهم ثابت بن قرة بمراجعة ترجمة الكتاب الثاني. وفيما يخص كتب أرخميدس الأخرى، أي **في الحلزون**، **والكرويات والمخروطيات**، **وتربيع القطع المكافئ**، **وفي الطريقة**، فلا شيء يدل على معرفةٍ لعلماء الرياضيات العرب بها. وهذه الملاحظة من الأهمية بمكان، ذلك لأن أرخميدس أدخل في كتابه حول **المخروطيات والكرويات**، فكرة المجاميع التكاملية السفلى والعليا، التي تكمل إذ ذاك طريقة الاستنفاد (Exhaustion).

استجابت ترجمة كتابَي أرخميدس وكذلك شرح أوطوقيوس (Eutocius) (تمت ترجمة هذه النصوص مرتين خلال القرن التاسع للميلاد)[٦] بوضوح لمتطلبات الكندي، وبني موسى ومدرستهم. وكان بنو موسى ثلاثة إخوة: محمد وأحمد والحسن؛ وقد اهتموا بالهندسة ـ وخاصة بالقطوع المخروطية ـ وكذلك بالميكانيك، وبالموسيقى وبعلم الفلك. وضع هؤلاء الإخوة الثلاثة، وبالتحديد في بغداد، في النصف الأول من القرن التاسع للميلاد، الرسالة الأولى بالعربية في هذا المجال. ولم تقم هذه الرسالة المعنونة **قياس الأشكال المسطحة والكروية** بإطلاق البحث بالعربية حول تحديد المساحات والأحجام فحسب، وإنما ظلت النص الأساسي للعلوم اللاتينية، بعد أن قام جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone) في القرن الثاني عشر للميلاد بترجمتها. وتُقسَم هذه الرسالة في الواقع إلى ثلاثة أجزاء. يتعلق الجزء الأول بقياس الدائرة، والجزء الثاني بحجم الكرة، بينما يعالج الجزء الثالث المسألتين التقليديتين: المتوسطان المتناسبان وتثليث الزاوية.

في الجزء الأول، حدد بنو موسى مساحة الدائرة بالتطبيق غير المباشر لطريقة الإنهاء. ويبدو أنهم استعملوا ضمنياً قضية من الكتاب XII من **الأصول**: «إذا كان لدينا دائرتان متحدتا المركز، كيف نرسم في الدائرة الكبرى مُضلعاً تكون أضلاعه متساوية وعددُها زوجي ولا تلامس الدائرة الصغرى؟» وفي هذا السياق برهنوا القضية التالية:

«لنأخذ قطعة من مستقيم ودائرة؛ فإذا كان طول القطعة أصغر من محيط الدائرة، يمكننا عندئذٍ رَسْمَ مضلع مُحاطٍ بهذه الدائرة ويكون مجموع أضلاعه أكبر من طول القُطْعة المعطاة؛ وإذا تجاوز طول القَطْعة محيط الدائرة، إذ ذاك يمكن إحاطة الدائرة بمضلع يكون مجموع أضلاعه أصغر من طول القطعة المعطاة».

---

(٥) انظر: «Banū Mūsā,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990), vol. 1, pp. 443-446.

(٦) انظر: Roshdi Rashed: «Al-Kindī's Commentary on Archimedes: The Measurement of the Circle,» *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 3 (1993), pp. 7 - 53, and «Archimède dans les mathématiques arabes,» dans: I. Mueller, ed., *Essays around the Mathematical Sciences of the Greeks* (Apeiron: [n. pb.], 1991).

ويبرهن بنو موسى بعدئذٍ أن مساحة الدائرة تعادل $S = r.(c/2)$ (r هو الشعاع وc محيط الدائرة). لكنهم في هذا البرهان، لم يقارِنوا بين S وS'، ($S' > S$) ومن ثم بين S وS'' ($S'' < S$)، لكنهم افترضوا أن $S = r.(c/2)$ وقارنوا بين c وc' ($c' > c$) وبين c وc'' ($c'' < c$)، مكتفين، بالتالي، بالمقارنة بين أطوال.

وفي هذا السياق قدم بنو موسى شرحاً لطريقة أرخميدس في الحساب المقرب لـ π، واستخلصوا العمومية في طريقة هذا الحساب. فقد برهنوا أن هذه الطريقة تعود إلى إنشاء متتاليتين: $(a_n)_{n\geq1}$ و $(b_n)_{n\geq1}$ حيث $a_n < b_n$ لكل n، متجاورتين (Adjacentes) وتتقاربان نحو النهاية عينها: $2r\pi$. نقصد هنا متتاليتين يمكن كتابتهما على النحو التالي:

$$a_n = 2nr.sin\frac{\pi}{n} \quad , \quad b_n = 2nr.tg\frac{\pi}{n}$$

ولاحظوا أن بإمكان هذه الطريقة أن تؤدي إلى أي درجة مبتغاة من الدقة: «من الممكن أن يوصل بهذا الوجه بعينه إلى أية غاية يراد بها من التدقيق في هذا العمل»[٧]. وحددوا، بطريقة مماثلة لتلك التي طُبِقت في حال مساحة الدائرة، المساحة الجانبية للكرة. هنا أيضاً استندوا، بطريقة غير مباشرة إلى قضية من الكتاب المقالة XII من **أصول** إقليدس، تفيد أنه إذا كان لدينا كُرَتان متحدتا المركز، يمكننا في الكرة الكبرى إنشاءُ مجسم يُولِدُه دورانُ مضلع منتظم حول قطرٍ من الكرة، يمرُ برأسين من المضلع، بحيث لا تلامس أوجه هذا المجسم الكرة الصغرى. وهنا أيضاً تختلف طريقتهم عن طريقة أرخميدس، ولو أن الأفكار الأساسية هي عينُها. وقد برهنوا بهذه الطريقة أن المساحة الجانبية للكرة تعادل أربعة أضعاف مساحة الدائرة الكبرى في الكرة، أي $4\pi r^2$. أخيراً يحدد بنو موسى حجم الكرة، «كضرب نصف قطرها بثلث مساحتها الجانبية أي $(4/3)\pi r^3$». ولنذكر أخيراً أن بني موسى، نسبوا لأنفسهم الدراسات التي تخص هذا الجزء من المقالة كما الدراسات المتعلقة بتثليث الزاوية $1/M$ وهو موضوع تجدر الإشارة إليه؛ أما الحساب المقرب لِ π فلقد اعتبروه اقتباساً عن أرخميدس واعتبروا أنهم مدينون لمنلاوس بعملية تحديد قطعتين مستقيمتين بين قطعتين أُخريين معطاتين بحيث تتوالى القطعات الأربع في تناسب.

وتابع معاصرو بني موسى وخلفاؤهم، بنشاط جادٍ، البحث في هذا الحقل. فلم يكتفِ الماهاني بشرح كتاب أرخميدس **الكرة والأسطوانة**، بل تصدى لتحديد قطعة القطع المكافئ. ولم يصل إلينا نص الماهاني هذا.

وكان لثابت بن قرة (ت ٩٠١م) وهو مساعد لبني موسى، إسهام كثيف في هذا الفصل. فكتب على التوالي ثلاث مقالات: كُرِسَتْ واحدة لمساحة قطعة من القطع المكافئ، والثانية لحجم المجسم المكافئ الدوراني، والثالثة لقطوع الأسطوانة ومساحتها الجانبية.

في المقالة الأولى، ولتحديد مساحة قطعة من القطع المكافئ، بدأ ثابت بن قرة، وهو

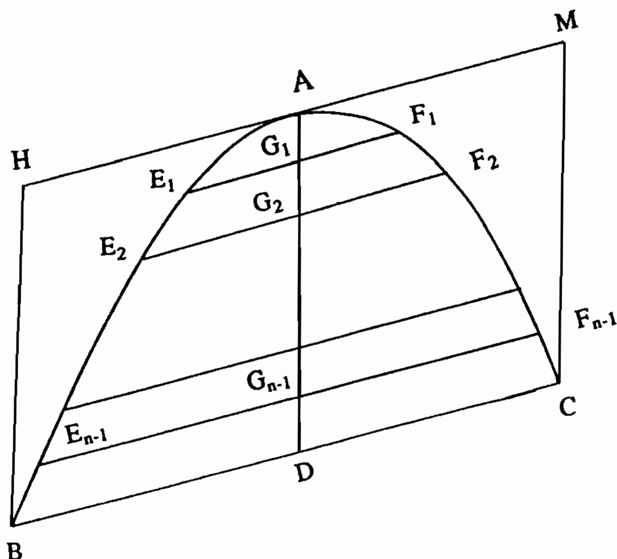
(٧) انظر: المصدر نفسه.

على غير علم بدراسة أرخميدس عن هذا الموضوع، ببرهنة إحدى وعشرين مقدمة، منها خمس عشرة حسابية. ويدل فحص هذه التمهيديات على معرفة ثابت بن قرة الأكيدة والدقيقة لمفهوم الحد الأعلى لمجموعة أعداد حقيقية مربعة، ولوحدانية هذا الحد. فقد استعمل ثابت بن قرة، لتمييز الحدِ الأعلى، الخاصية التالية:

لتكن ABC قِطعة من قطعٍ مكافئ، وAD قطرها المقابل لـ BC (الشكل رقم (١٣ ـ ١)). يمكننا أن نقابلَ كل عدد مُعطى ε، $(\varepsilon > 0)$ بتجزئة A، G_1، G_2، . . . ، G_{n-1}، D للقطر AD، تكون معها:

(مساحة BAC) − (مساحة المضلع $BE_{n-1}...E_2E_1AF_1F_2...F_{n-1}C$) $< \varepsilon$.

أي، بتعبير آخر، تكون المساحة BAC الحد الأعلى لمساحات هذه المضلعات.



الشكل رقم (١٣ ـ ١)

ويبرهن ثابت بن قرة بطريقة شديدة الدقة أن $\frac{2}{3}$ مساحة $BHMC$ هي الحد الأعلى لمساحات المضلعات المذكورة سابقاً. فيتوصل أخيراً إلى مبرهنته التي تنص على أن القطع المكافئ لانهائي، إنما مساحة أيٍ من أجزائه تعادل ثلثي متوازي الأضلاع الذي له قاعدة الجزء وارتفاعه عينهما[٨]. ونعرض تصميم برهانه في ما يلي: لتكن S' مساحة الجزء من

(٨) انظر: ثابت بن قرة، **في مساحة قطع المخروط المكافئ** (مخطوطة، القاهرة، المكتبة الوطنية، رياضة ٤٠)، الورقة ١٨٠ظ.

القطع المكافئ P، وS مساحة متوازي الأضلاع ذي القاعدة والارتفاع عينهما.

إذا كانت $S' \neq \frac{2}{3}S$، إذ ذاك يكون لدينا حالتان:

أ - $S' > \frac{2}{3}S$

فنأخذ ε، $(\varepsilon > 0)$، بحيث:

$$S' - \frac{2}{3}S = \varepsilon \qquad (١)$$

وبناءً على تمهيدية بُرْهِنَت سابقاً، يوجد عدد طبيعي N، يُقابل هذا الـ ε، بحيث يوجد لكل عدد n (حيث $n > N$)، P_n مساحته S_n يكون معه:

$$S' - S_n < \varepsilon \qquad (٢)$$

فنستنتج من (١) و(٢):

$$\left(\frac{2}{3}S + \varepsilon\right) - S_n < \varepsilon \ ,$$

من هنا يكون:

$$\frac{2}{3}S < S_n.$$

ولكن، بناءً على مقدمة أخرى، كان لدينا:

$$\frac{2}{3}S > S_n,$$

فمن هنا يكون التناقض، فتكون العلاقة $\frac{2}{3}S < S'$ مستحيلة.

ب - $S' < \frac{2}{3}S$

ليكن $0 < \varepsilon$ بحيث يكون:

$$\frac{2}{3}S - S' = \varepsilon \qquad (٣)$$

وحَسب تمهيدية مُبَرْهنةٍ سابقاً، يوجد لهذا العدد ε، عدد صحيح N، بحيث يكون لكل n، (حيث $n > N$)، قطعة P_n من القطع المكافئ مساحتها S'_n بحيث يكون:

$$\frac{2}{3}S - S_n < \varepsilon \qquad (٤)$$

فمن (٣) و(٤) نحصل على:

$$(S' + \varepsilon) - S_n < \varepsilon \ ,$$

من هنا يكون:

$$S' < S_n \ .$$

ولكن P_n محاط بـP، فيكون بالتالي $S_n < S'$، ومن هنا يكون التناقض.

ارتكزت طريقة الإنهاء التي طبقها هنا ابن قرة، كما يمكننا رؤية ذلك، على خواص الحد الأعلى وخاصة على وحدانيته. فلقد أراد ابن قرة أن يُبَرهِن أن $\frac{2}{3}S = S'$، استناداً إلى:

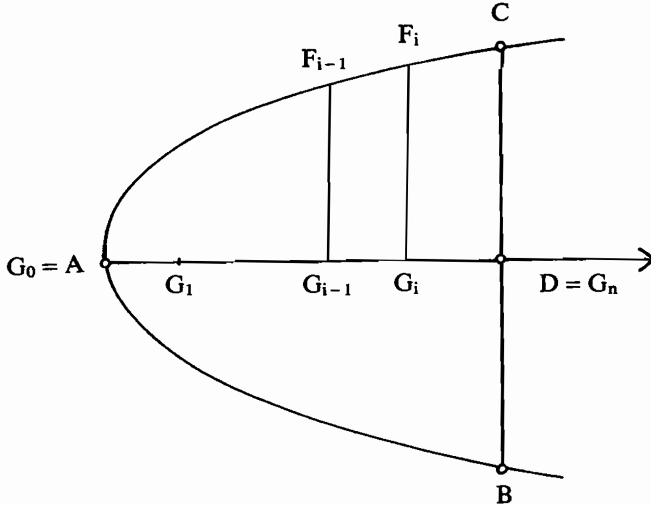
(أ) $S' =$ الحد الأعلى لـ $(S_n)_{n\geq 1}$.

(ب) $\frac{2}{3}S =$ الحد الأعلى لـ $(S_n)_{n\geq 1}$.

في الواقع، نَسْتَبين في طريقة ابن قرة، الفكرة الأساسية لِتكامل ريمان (Riemann). ففي الحالة الخاصة التي نعتبر فيها أن قطر القطع المكافئ هو محور هذا القطع، تعود طريقة ابن قرة إلى أخذ تجزئة σ، $\sigma = AG_1G_2....G_{n-1}$ للقطر AD (انظر الشكل رقم (١٣ ـ ٢))، ومن ثم إلى أخذ المجموع:

$$S_\sigma = \sum_{i=1}^{n}(AG_i - AG_{i-1})\frac{G_{i-1}F_{i-1} + G_iF_i}{2} ,$$

وإلى برهان أن لكل ε $(\varepsilon > 0)$، يوجد σ بحيث يكون الفرق بين مساحة ACD وS_σ أصغر من ε. وأخيراً، وبتعبير آخر، إلى تبيان أن S_σ يتقارب نحو قيمة هذه المساحة تبعاً للمصفاة التي تحددها التجزئة σ لِ AD.



الشكل رقم (١٣ ـ ٢)

إن ما سبق يمكن نقله إلى لغة التحليل الرياضي كما يلي: ليكن x_i الإحداثي السيني

لـ G_i ولتكن $y = f(x)$ معادلة ألقطع المكافئ. من الممكن عندئذٍ كتابة S_σ على الشكل:

$$S_\sigma = \sum_{i=1}^{n}(x_i - x_{i-1})\frac{f(x_{i-1}) + f(x_i)}{2} \ ;$$

وبما أن:

$$f(x_{i-1}) \leq \frac{f(x_{i-1}) + f(x_i)}{2} \leq f(x_i)$$

و f متواصلة، نستنتج أن $\frac{f(x_{i-1}) + f(x_i)}{2}$

هي قيمة تبلغُها f عند النقطة ξ_i من الفسحة $[x_{i-1}, x_i]$. عندها، يمكن لـ S_σ أنْ تُكْتَب على الشكل:

$$S_\sigma = \sum_{i=1}^{n}(x_i - x_{i-1})f(\xi_i) \ \ ; \ \ x_{i-1} \leq \xi_i \leq x_i;$$

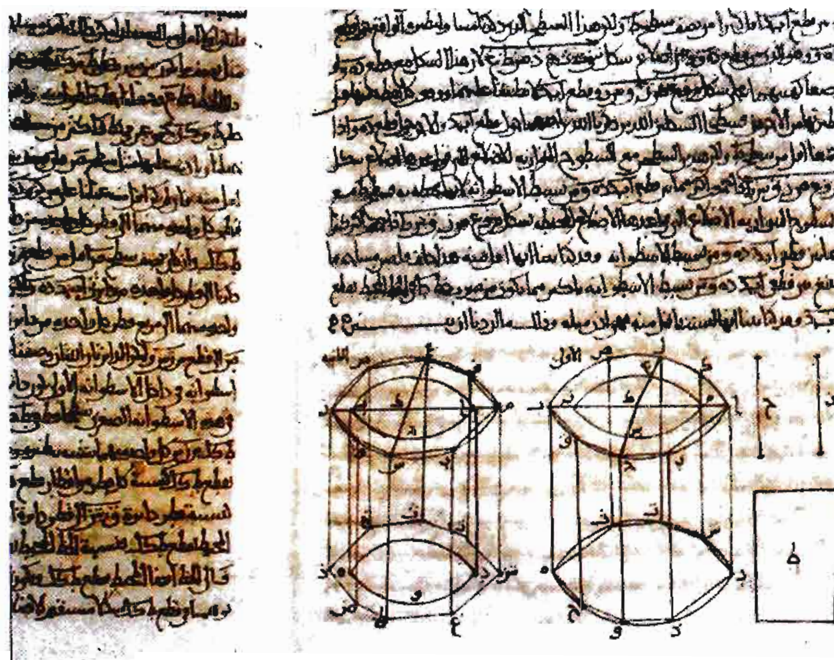
والذي ليس سوى المجموع المُستخدم في تعريف تكامل ريمان (Riemann) للدالة f. لنذكر أخيراً أن تربيعَ ابن قرة، مع إعطاء تعريف القطع المكافئ، مكافئ لحساب التكامل $\int_0^a \sqrt{px}\, dx$. إليكم ما كتب المؤرخ المعاصر، أدولف ب. يوشكيفيتش (A. P. Youschkevitch)، عن طريقة ثابت بن قرة: «بفضل هذا الأسلوب، أحيا ابن قرة طريقةً طواها النسيان، وهي طريقة احتساب المجاميع التكاملية. فضلاً عن ذلك، احتسب ابنُ قرة، فعلاً، بواسطة هذا الأسلوب، وللمرة الأولى التكامل $\int_0^a x^n dx$ عند إعطاء قيمة كسرية للأس n، أي $\int_0^a x^{\frac{1}{2}}\, dx$. وخلال قيامه بهذا المسعى، عَمدَ كذلك، وللمرة الأولى، إلى بتقسيم فسحة التكامل إلى أجزاء غير متعادلة. نذكر هنا أن فيرما (Fermat) عَمَدَ في أواسط القرن السابع عشر للميلاد، إلى تربيع المنحنيات $y = x^{m/n}$، (مع $m/n \neq 1$)، بأسلوب مشابه، يقضي بتقسيم المحور السيني إلى قطعات تشكِل متسلسلة هندسية[٩].

لم يتوقف إسهام ابن قرة في هذا الفصل عند هذا الحد. فقد عمد إلى تحديد حجم المجسم المكافئ الدوراني (Paraboloïde de révolution). وهنا أيضاً، تبدأ الدراسة بعددٍ كبير من التمهيديات (خمس وثلاثون). استعان ابن قرة، لتحديد هذا الحجم، بجذوع مخروطات متجاورة، تحدِدُ قاعداتها تقسيماً لقطر القطع المكافئ ـ الذي يولِد المجسم المكافئ الدوراني ـ وتتناسب فسحات هذا التقسيم مع أعداد شفعية متتالية تبدأ بالواحد، وتكون ارتفاعاته متساوية.

ويعتمد ثابت بن قرة أخيراً، في رسالة حول **قطوع الأسطوانة ومساحاتها**، دراسة مختلف أنواع القطوع المستوية لأسطوانة قائمة ولأسطوانة مائلة، ويحدِد لاحقاً مساحة

(٩) انظر: Adolf P. Youschkevitch, «Note sur les déterminations infinitésimales chez Thābit Ibn Qurra,» *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 17, no. 66 (1964).

الإهليلج ومساحة القطعات الإهليلجية، ويبحث في المقاطع العظمى والصغرى للأسطوانة وفي محاور هذه المقاطع، ويحدد أخيراً مساحة جزءٍ من المساحة التي يحدها مقطعان مستويان.



الصورة رقم (١٣ ـ ١)

ثابت بن قرة، كتاب في قطوع الاسطوانة وبسيطها

(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٤٨٣٢).

طور ثابت بن قرة الحساب اللامتناهي في الصغر تطويراً كبيراً. ففي هذا الكتاب يبرهن على أن مساحة القطع الناقص ـ إذا كان نصفا سهميه مساويين لـ a وَ b ـ مساويةً لمساحة دائرة شعاعها $\sqrt{ab}$. ويحدد أيضاً مساحة أي قطعة من قطع ناقص، وذلك باستخدام منهج الاستنفاذ وبواسطة مفهوم كشف عنه ثابت بن قرة: «التحويل الأفيني»، فضلاً عن «التحويلات الأفينية المتكافئة» لمعرفة مساحة السطح المحصور بين قطعتين مسطحتين من اسطوانة دائرية مائلة. وهذه النتيجة مكافئة لرد تكامل لقطع ناقص إلى تكامل آخر. كل هذا يسمح لنا برؤية مدى ما وصل إليه هذا الحساب في الرياضيات العربية.

من المستحيل أن نستعيد هنا نتائج هذه المقالة الغنية والعميقة وبراهينها، كالبرهان الذي يدل به ثابت بن قرة على أن «مساحة الإهليلج تعادل مساحة الدائرة التي يعادلُ مربعُ نصف قطرها جداءَ أحد محاور هذا الإهليلج بالآخر» أي $\pi\, ab$؛ حيث a وb نصف محاور هذا الإهليلج.

هكذا، تقدم البحثُ في التحديدات متناهية الصغر تقدماً ملحوظاً مع ثابت بن قرة، فعمل خلفاؤه جاهدين على تطوير مكتسباته؛ ومن هؤلاء حفيد ثابت ابن قرة، إبراهيم بن سنان، والقوهي وابن سهل وابن الهيثم.

ولقد لاحظنا سابقاً أن ثابت بن قرة أدخل مجدداً تصور المجاميع التكاملية. فهذا التصور وُجِدَ عند أرخميدس، بالتأكيد، وإنما في مقالاته غير المنقولة إلى العربية. يبقى أنه يمكن الدراسة المعمقة للمقالَيْن المنقولَيْن إلى العربية أن تضعَ على طريق هذا الاكتشاف المجدد، عالم رياضيات بمستوى ابن قرة. وأكثر من ذلك، فالمجاميع التكاملية لثابت أكثر شمولية من مجاميع أرخميدس، حيث إن ثابت اتخذ تقسيمات هي فسْحات ذات أطوال غير متعادلة بالضرورة. أما فيما يخص دراسته للمجسم المكافئ، وحيث عمل دائماً بالمجاميع التكاملية، فهو لم يأخذ على غرار أرخميدس، أسطوانات متعادلة الارتفاع، وإنما أخذ في الاعتبار مخروطاً وجذوع مخروط لها الارتفاع عينه، وقاعدات لها نسبة الأعداد الشفعية المتتالية بدءاً بالواحد.

وقد تابع خلفاءُ ابن قرة إسهامَه بنشاط، كما قلنا سابقاً، كحفيده إبراهيم بن سنان. لم يعش عالم الرياضيات العبقري هذا سوى ثمانية وثلاثين عاماً، ولم يُطِقْ، حسب أقواله الخاصة، «أنْ يكون للماهاني دراسة أكثر تطوراً من دراسة جدّ <ي>، دون أنْ يذهب أحدُنا إلى أبعد مما ذهب هو إليه»[١٠]. فهو يريد، إذاً، إعطاء برهان أقصر، ليس فقط من برهان جده الذي احتاج إلى عشرين تمهيدية، كما رأينا سابقاً، وإنما أيضاً أقصر منَ برهان الماهاني. وقد بنى إبراهيم بن سنان برهانه على قضية اهتم ببرهنتها سابقاً فحواها أن التحويل التآلفي (الأفيني) لا يُبدِل تناسب المساحات.

تعود طريقة ابن سنان إلى النظر في المضلع كمجموع $2^n - 1$ مثلثات، والمُحاط بمساحة القطع المكافئ، حيث a_1 هي مساحة المثلث EOE'، وa_2 هي مساحة المضلع $ECOC'E'$، وهلم جرا (الشكل رقم (١٣ ـ ٣)). يبرهن ابن سنان أنه، إذا كان a_n وa'_n مضلعين مُحاطَيْن كلٌ بدوره بالمساحتين a و a' من القطع المكافئ، يكون:

$$\frac{a_n}{a'_n} = \frac{a_1}{a'_1} \qquad (n = 1, 2, ...) .$$

(١٠) ترجم بتصرف. (المترجم).

الصورة رقم (١٣ ـ ٢)

ابراهيم بن سنان بن ثابت بن قرة الحراني، **في مساحة قطع المخروط المكافئ** (القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية، رياضة ٤٠).

احتاج ثابت بن قرة، في برهان نظريته وفي تحديد مساحة قطع المخروط المكافئ، إلى عشرين مقدمة. ولهذا أراد حفيده ابراهيم بن سنان تعديل المنهج، ومن ثم فقد استعان بمفهوم «التحويل الأفيني» الذي سمح له بحل هذه المسألة بعد ثلاث قضايا فقط. وهذا يشهد لنا كيف كان البحث الرياضي في القرن التاسع والقرن العاشر يتحرى في نفس الوقت اكتشاف الجديد وردقة البرهان وأناقته.

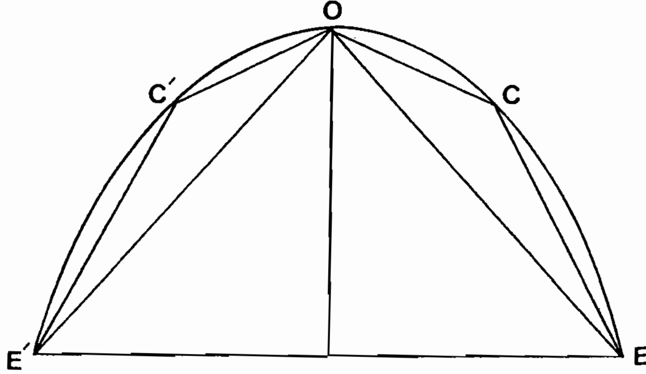
فهو يبرهن في الواقع عبارة مكافئة لـ:

$$\frac{a}{a'} = \lim_{n\to\infty} \quad \frac{a_n}{a'_n} = \frac{a_1}{a'_1} \, ,$$

ومنها يستنتج:

$$\frac{1}{2}.\frac{a-a_1}{a} = \frac{1}{2}.\frac{a_2-a_1}{a_1} = \frac{1}{8} \, ,$$

ويحصل أخيراً على: $a = \frac{4}{3}a_1$.



الشكل رقم (١٣ ـ ٣)

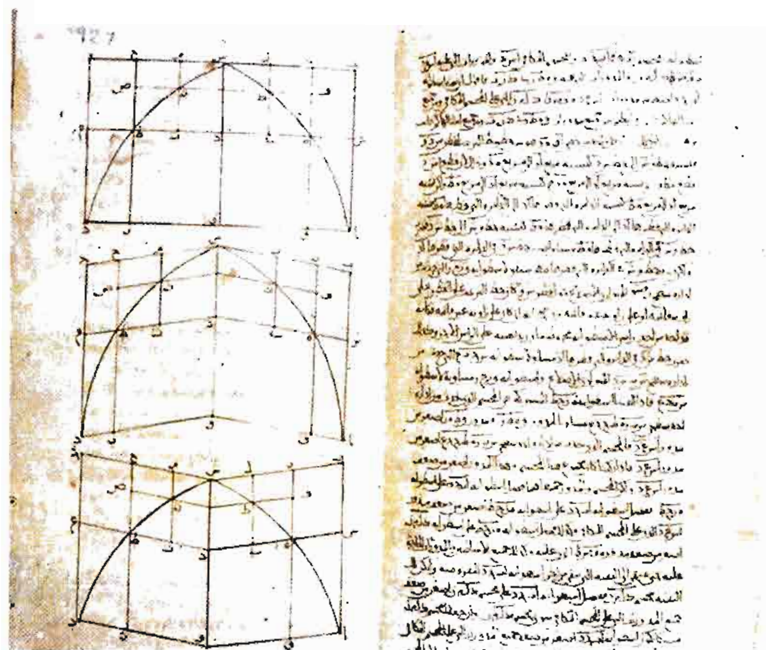
نلاحظ أن إدخالَ التحويل التآلفي هو الذي سمح باختصار عدد التمهيديات الضرورية إلى اثنتين.

في القرن العاشر للميلاد، استعاد عالِمُ الرياضيات، العلاء بن سهل[١١]، تربيع القطع المكافئ، لكن رسالته مع الأسف لا تزال مفقودة. وفيما يعود إلى معاصره القوهي، فإنه، عند إعادة درسه لتحديد حجم المجسم المكافئ الدوراني، يكتشف مجدداً طريقة أرخميدس. فعند دراسة المجسم المكافئ الدوراني أخذ أرخميدس بعين الاعتبار أسطوانات لها الارتفاع عينه، بينما لجأ ثابت بن قرة، كما رأينا ذلك سابقاً، إلى جذوع مخروطٍ متجاوِرة تحدِد قاعداتها تقسيماً لقطر القطع المكافئ الذي يولِد المجسم ـ وتكون فسحاتها تناسبية مع الأعداد الشفعية المتتالية بدءاً بواحد، وتكون ارتفاعاتها متساوية. ولكي يتوصل القوهي[١٢]، كما يُعلِن، إلى اختصار عدد التمهيديات التي برهنها ثابت بن قرة من خمسَ

(١١) انظر: Rashed, «Archimède dans les mathématiques arabes».

(١٢) انظر: Rashed, *Œuvres mathématiques d'Ibn al-Haytham.*

وثلاثين إلى اثنتين، استعاد، بشكل مستقل، المجاميع التكاملية كما ورَدَت عند أرخميدس. وتختلف طريقته عن طريقة أرخميدس فقط فيما تبقى من بعض النقاط التفصيلية، بالأخص عندما تَوجبَ البرهان على إمكانية تصغير الفرق بين الأسطوانات المُحاطة والأسطوانات المُحيطة، قدر الابتغاء.



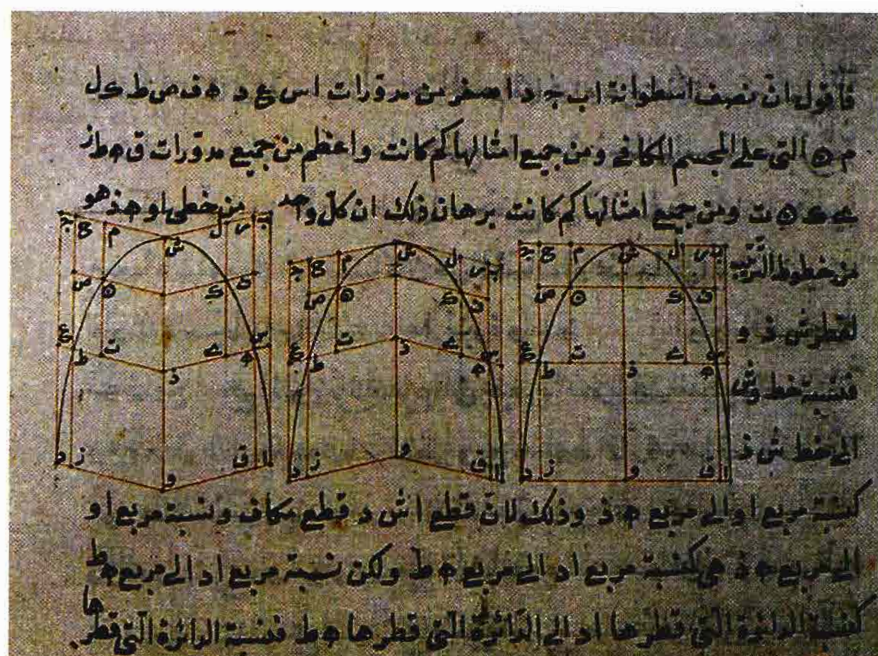
الصورة رقم (١٣ ـ ٣)

أبو سهل ويحيى بن رستم القوهي، **في استخراج مساحة المجسم المكافئ**

(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٤٨٣٢).

لم يتوقف ثابت بن قرة عند قياس القطع المكافئ، بل طبق مناهج حساب اللامتناهيات في الصغر التي طبقها على أشكال أخرى، وخاصة المجسم المكافئ. ولكن لتحديد حجم المجسم المكافئ، اضطر ثابت بن قرة إلى استخدام خمس وثلاثين مقدمة. ولهذا أخذ القوهي ـ الذي عاش في النصف الثاني من القرن العاشر ـ في الكشف عن مجاميع تكاملية مختلفة عن تلك التي استعملها ثابت لحساب حجم المجسم الناتج عن دوران القطع المكافئ حول سهمه. ولم يحتج القوهي في بحثه هذا إلا لمقدمتين فقط.

وعمم ابن الهيثم من بعد هذه الدراسة، كما أنه حسب حجم المجسم الناتج من دوران القطع المكافئ حول أحد خطوط الترتيب، وهذا أصعب بكثير، فهو مكافئ لحساب $\int_0^a x^4 d_x$ الذي نسب إلى كفاليري وكبلر.



الصورة رقم (١٣ ـ ٤)

ابراهيم بن سنان بن ثابت بن قرة الحراني، **في مساحة قطع المخروط المكافئ**
(القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية، رياضة ٤٠).

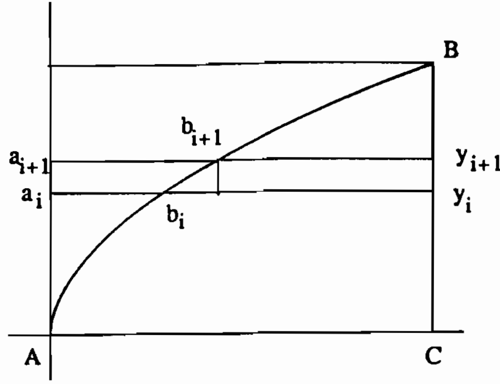
أراد ابراهيم بن سنان حفيد ثابت بن قرة تعديل منهج تحديد مساحة قطع المخروط المكافئ فاستعان بمفهوم «التحويل الأفيني» الذي سمح له بحلها واختصارها من عشرين مقدمة إلى ثلاث.

ويستعيد خليفةُ ابن سهل والقوهي(١٣)، عالمُ الرياضيات والفيزياء الشهير، ابن الهيثم (ت ١٠٤٠م) برهان حجم المجسم المكافئ الدوراني، وكذلك البرهان المتعلق بالحجم الذي يولِدُه دورانُ قطع مكافئ حول خط الترتيب. ولنلقِ نظرة سريعة على هذا النوع الثاني، الأكثر صعوبة من الأول. يبدأ ابن الهيثم، للتوصل إلى تحديد هذا الحجم، ببرهان بعض التمهيديات الحسابية: مجاميع القوة لِ n أعداد صحيحة متتالية، لإيجاد متباينة مزدوجة هي أساسية لدراسته. ويحصل بهذه المناسبة على نتائج تُعتَبَر حدثاً بارزاً في تاريخ علم الحساب،

(١٣) المصدر نفسه، و Roshdi Rashed, «Ibn al-Haytham et la mesure du paraboloïde,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 5 (1981), pp. 191-262.

وخاصة منها المتعلقة بمجموع أية قوة صحيحة لأول n أعداد صحيحة متتالية:

$$\sum_{k=1}^{n} k^i \ , \quad i = 1, 2, \dots ;$$



الشكل رقم (١٣ ـ ٤)

ويبرهن فيما بعد المتباينة التالية:

$$(1) \quad \sum_{k=1}^{n}\Big[(n+1)^2 - k^2\Big]^2 \leq \frac{8}{15}(n+1)(n+1)^4 \leq \sum_{k=0}^{n}\Big[(n+1)^2 - k^2\Big]^2 .$$

ولنأخذ الآن المجسم المكافئ المولّد من دوران القِطعة ABC من القطع المكافئ ذي المعادلة $x = ky^2$ حول خط الترتيب BC. ولنأخذ التقسيم $\sigma_n = (y_i)_{0 \leq i \leq 2^m}$، مع $2^m = n$ للفسحة $[0,b]$ حيث الخطوة h تساوي:

$$h = \frac{b}{2^m} = \frac{b}{n} .$$

ولتكن M_i النقاط من القطع المكافئ ذي الإحداثيات الصادية y_i والسينية x_i بالترتيب. لنضع:

$$r_i = c - x_i \ ; \quad (0 \leq i \leq 2^m = n)$$

فيتأتى:

$$r_i = k(b^2 - y_i^2) = kh^2(n^2 - i^2)$$

ويكون لدينا:

$$I_n = \sum_{i=1}^{n-1} \pi k^2 h^5 (n^2 - i^2)^2$$

و

$$C_n = \sum_{i=0}^{n-1} \pi k^2 h^5 (n^2 - i^2)^2 ;$$

ولكننا نحصل، حسب المتباينة (1)، على:

$$I_n \leq \frac{8}{15} V \leq C_n \ ,$$

حيث $V = \pi k^2 b^4 . b$ هو حجم الأسطوانة المحيطة.

وفي لغة مختلفة عن لغة ابن الهيثم يمكننا أن نعبر عن ذلك كما يلي: على اعتبار أن الدالة $g(y) = ky^2$ متواصلة على $[0, b]$، يصبح حساب ابن الهيثم مكافئاً لما يلي:

حجم المجسم المكافىء $$v(p) = \lim_{n\to\infty} \sum_{i=1}^{n} \pi k^2 h^5 (n^2 - i^2)^2$$

من هنا $$v(p) = \lim_{n\to\infty} \sum_{i=1}^{n} \pi k^2 (b^4 - 2b^2 y_i^2 + y_i^4) h$$

ومن هنا $$v(p) = \pi \int_0^b k^2 (b^4 - 2b^2 y^2 + y^4) dy$$

من هنا أخيراً $$v(p) = \frac{8}{15} \pi k^2 b^5 = \frac{8}{15} V$$

حيث V هو حجم الأسطوانة المحيطة.

لم يقف ابن الهيثم عند هذا الحد: فالتَفَتَ مجدداً نحو المجسمات الصغيرة المحيطة والمحاطة المستعملة للمقاربة، بهدف دراسة مسلكها عند الازدياد اللانهائي لنقاط التقسيم. ونجدُ أنفسَنا هذه المرة أمام أفكار واضحة حول اللامتناهي في الصِغَر؛ وهذه الأفكار دالية بشكل ما، حيث إنها تدور صراحة حول مسألة السلوك المقارب لكائنات رياضية نبحثُ في تحديد تغيراتها.

ويطبق ابن الهيثم الطريقة عينها في تحديد حجم الكرة. وهنا أيضاً، نذكر إعطاءه صيغة حسابية الاتجاه لطريقة «الاستنفاد» (Exhaustion). ففي الواقع يبدو في بحثه دورُ الحساب أكثر صراحة وأهمية مما في أعمال أسلافه. لكن لننظر الآن إلى طريقته من وجهة نظر الحساب التكاملي، لاستخلاص الأفكار المؤسِسة لها.

أخذ ابن الهيثم كما رأينا، لتحديد الأحجام الدورانية حول محور معطى، مقاطعَ أسطوانية مُحاطة ومُحيطة، يكون محورها هو نفسه محور دوران المجسمات المدروسة. وهذا ما يتيح تقريبات بالنقصان وبالزيادة للحجم المقصود احتسابه بمجاميع تكاملية ـ مجاميع داربو (Darboux) ـ عائدة للدالة التي تقابل المنحنى المولِّد للمجسم الدوراني المدروس. فمِن أجل احتساب حجم الكرة، مثلاً، ينظر في المجاميع:

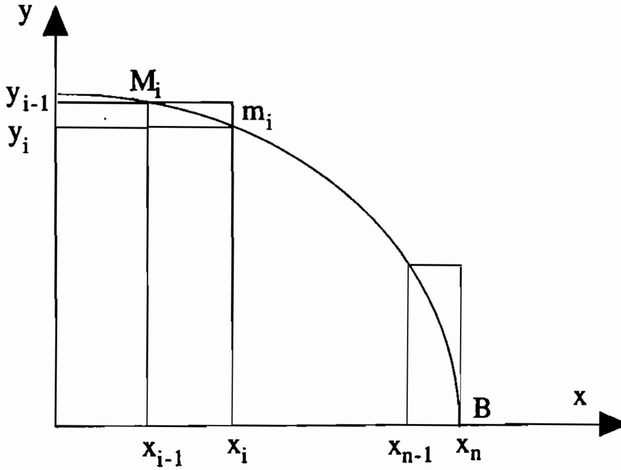
$$I_n = \sum_{i=1}^{n-1} \pi y_i^2 (x_i - x_{i-1}) = D(f, \sigma_n, m_i)$$

$$C_n = \sum_{i=1}^{n} \pi y_{i-1}^2 (x_i - x_{i-1}) = D(f, \sigma_n, M_i)$$

لنلاحظ أن الدالة f رتيبة، بحيث تكون m_i وM_i قيمتَي f عند طرفَي الفسحة ذات المرتبة i من التقسيم؛ وf هي الدالة المحددة كما يلي:

$$f(x) = \pi(R^2 - x^2) = \pi y^2;$$

$$m_i = \inf_{x_{i-1} \le x \le x_i} f(x) = y_i \quad ; \quad M_i = \sup_{x_{i-1} \le x \le x_i} f(x) = y_{i-1}$$



الشكل رقم (١٣ ـ ٥)

من جهة أخرى، يستعمل ابن الهيثم فيما بعد المتباينتَيْن:

$$I_n < v < C_n ,$$

ويبرهن أنه، لكل $\varepsilon > 0$، يوجد N بحيث يكون لكل $N \le n$.

$$v - I_n < \varepsilon \quad , \quad C_n - v < \varepsilon$$

مما يثبت أن I_n تتقارب إلى v وكذلك بالنسبة إلى C_n؛ أي أنه لدينا فعلاً:

$$v = \int_0^R f(x)dx.$$

وبتعابير أخرى، يتكافأ حساب ابن الهيثم مع حساب تكامل بسيط لـ «كوشي ـ ريمان» (Cauchy-Riemann).

ولكن، يتوجب على هذا التكافؤ الرياضي ألا يخفي التساؤل التالي: لماذا، بعد تحديده هذه الأحجام بواسطة هذا التكامل، لم يقم ابن الهيثم أبداً بالرسم الواضح للخطوط الكبرى لطريقة عامة، في سبيل تحديد أحجام أو مساحات أخرى؟ بالتأكيد لا يمكننا الاكتفاء، للإجابة عن هذا التساؤل بشكل مُرْضٍ، بإثارة موضوع احتياجات ابن الهيثم. فصحيح أنه لم تكنْ هناك حاجة تفرض، في مؤلفه الرياضي، والبصري، والفلكي، احتساب حجم المجسم المكافئ ولا حتى حجم المجسم الزائدي القطع الدوراني مثلاً. إذاً، علينا أنْ نعزو غياب رسم كهذا إلى الطريقة عينها.

يمكننا فعلاً أنْ نذكر أن ابن الهيثم - كما أسلافه فيما يتعلق بالمساحات - قد لجأ دائماً إلى مجسم آخر معروف الحجم، يستطيع مقارنته مع المجسم الذي يدرسه. وهذه المعرفة المُسْبَقة لمجسم المقارنة ليست البتة وليدة ملاحظة ظرفية أو وسيلة تجريبية: لقد أتاحت لابن الهيثم، كما لأسلافه، حساباً فعلياً - مباشراً وصحيحاً - لنهايات مجاميع داربو (Darboux) المقابلة. لكن مجسمات المقارنة هذه قد لا توجد بالضرورة في الحالة العامة، مما يجعل الأدوات الرياضية التي ارتكز إليها ابن الهيثم غير كافية للحساب الفعلي لمجاميع داربُو. إذاً هناك عائق داخلي يطبع طريقة ابن الهيثم، غير أن الحذَر واجب في المبالغة في تأثير هذا النقص الذي سيعوض عنه إدخال أكثر كثافة لِعلم الحساب. فإذا كان استخدام الحجم «المرجِع» يدلُ فعلاً على التقليدَ الأرخميدسي، فالانعطاف الحسابي، الآخذ في التنامي في التقليد العربي، يدل على أن المقصود لم يعدْ بالتمام الإرث الأرخميدسي. فقد توقفت الهندسة عن قيادة خطوات ابن الهيثم وتسلم علم الحساب زمام القيادة، ووُضعت التمهيديات ضمن تصور حسابي للأشكال.

في هذه الدراسة، نستطيع ملاحظة تطور أساليب هذا الفصل الرياضي وتقنياته في الرياضيات العربية. فلقد رأينا أن ابن الهيثم، في أبحاثه عن المجسم المكافئ، قد حصل مثلاً على نتائج ينسبها المؤرِخون لكبلر (Képler) وكفاليري (Cavalieri). غير أن هذا الفصل من الرياضيات العربية يتوقف هنا، وربما لعدم توفر رمزية فعالة في حيازة رياضيي ذلك العصر.

تربيع الهلاليات

يشكِل التربيع الصحيح للهلاليات أي للمساحات التي يحدها قوسا دائرة واحدة من أقدم المسائل لتحديد مساحات السطوح المنحنية. وتعود هذه المسألة، حسب أقوال الشهود المتأخرين - ومنهم سمپليسيوس (Simplicius)، الذي شرح أرسطو في القرن السادس للميلاد - إلى أبقراط الشيي (Hippocrate de Chios)، أي إلى خمسة قرون قبل عصرنا.

وينقل سمبليسيوس[١٤] في شرحه لـ «فيزياء» أرسطو مقطعاً طويلاً لأوديم (Eudème)، تلميذ أرسطو؛ يحتوي هذا المقطع على نتائج أبقراط وطرقه. وهذا المقطع، الذي يثير على كل حال عدة مسائل فقهية وتاريخية، لن نتطرق إليها هنا، هو المصدر الوحيد المعروف لتاريخ هذه المسألة في الرياضيات الإغريقية، وهو يدل أيضاً على الإطار الذي طُرحت فيه مسألة تربيع بعض الأهلّة، في سياق تربيع الدائرة.

وبعد سمبليسيوس بما يقارب الخمسة قرون، يعود ابن الهيثم تكراراً إلى الموضوع عينه، أولاً فيما يتعلق بتربيع الدائرة ومن ثم من أجل هذا التربيع بالذات فيما بعد. ويسترجع ابن الهيثم هذا الموضوع في الحقيقة في ثلاثة أبحاث تمت دراسة واحد منها إلى الآن، وهو بحثه في تربيع الدائرة. ويكرس بحثاً مُقْتَضَباً لتربيع الأهلّة. فيما بعد، يعالجُ الموضوع من جديد، ليحصل على نتائج نُسِبتْ إلى علماء رياضيات من القرنين السابع عشر والثامن عشر للميلاد. ولقد قاد الجهل بأعمال ابن الهيثم، وخصوصاً بهذه المقالة الأخيرة، المؤرخين، عن حسن نية، إلى إصدار أحكام مغلوطة عن إسهامه في هذا البحث.

كل شيء يدل على وجود نقطة انطلاق ابن الهيثم في النص المنسوب لأبقراط الشيي. ففي رسالته الأولى يبدأ بكتابة ما يلي: «إني لما نظرت أطال الله بقاءه سيدنا الأستاذ «أبقراط» (المترجم) وأدام كفايته وحرس نعمته في الشكل الهلالي المساوي للمثلث والذي ذكره المتقدمون في بديع خاصته وعجيب تركيبه حداني ذلك على أن فكرت في خواص الهلاليات وما يعرض فيها من غريب المعاني فألفت قولاً مختصراً في الأشكال الهلالية بطرق جزئية لاستعجال صاحب السؤال لي ولا قناعة بالجزئي من القول»[١٥]. إضافة إلى ذلك، أدرِجت نتائج أبقراط الشيي في أعمال ابن الهيثم. فهل علم بها بفضل «شرح» سمپليسيوس لـ«فيزياء» أرسطو الذي قد يكون تُرْجِمَ إلى العربية؟ لا نملك الوثائق التي تتيح لنا الإجابة الواضحة على هذا السؤال[١٦]. ومهما يكن الأمر، لنلقِ نظرة على رسالتَي ابن الهيثم في هذا المجال.

---

(١٤) Sir Thomas Little Heath, *A History of Greek Mathematics,* 2 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1921), reprinted (Oxford: Clarendon Press, 1960-1965), vol. 1, pp. 183-200.

قام بِكِر (O. Becker) عام ١٩٦٤ بنقل نص سمبليسيوس (Simplicius) إلى الألمانية: Oskar Becker, *Grundlagen der Mathematik in Geschichtlicher Entwicklung* (Freiburg: K. Alber, 1964).

انظر أيضاً: Oskar Becker, «Zur Textgestaltung des Eudemischen Berichts über die Quadratur der Möndchen durch Hippokrates von Chios,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik,* Bd. 3 (1936), pp. 400-419.

(١٥) المقصود رسالة لابن الهيثم «في الأشكال الهلالية». تم تحقيق هذا النص ونقله إلى الفرنسية وشرحه؛ وسيصدر في: Rashed, *Œuvres mathématiques d'Ibn al-Haytham*. ولاحقاً، في رسالة ثانية، يذكر ابن الهيثم نصه الأول كما يلي: «فألَّفتُ قولاً مختصراً في الأشكال الهلالية بطرق جزئية...».

(١٦) يتكلم ابن الهيثم في رسالته الأولى عن «القدماء»؛ لكنه لا ينقل (بالمعنى الدقيق) أي صورة =

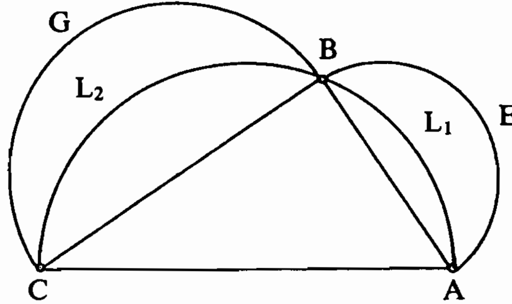
تعود طريقة ابن الهيثم، في الرسالتين، إلى دراسة هلاليات تحدُها أقواس ما، بحثاً عن تعادل في المساحات. فهو يُدخِل دوائر تتكافأ عامة مع قطاعات من الدائرة المعطاة في المسألة، ويُعبر عن هذه القطاعات بكسور من هذه الدائرة. ويبرر وجود الدوائر التي يُدخِلها، والتي عليه إضافتها إلى مساحات مُضلعة أو طرحها منها، للحصول على مساحة مكافئة لمساحة الهلال، أو لمجموع هلالَيْن.

في الرسالة الأولى المُقتضبة، ينطلقُ في القضايا الثلاث ١ و ٢ و٥ من نصف دائرة ABC، لدراسة الهلالَيْن L_1 و L_2 اللذين يحدهما القوسان AB أو BC ونصف الدائرة. ويفترض أن القوس AB يعادل سدسَ محيط الدائرة، ويثبت النتائج التالية:

$$L_1 + \frac{1}{24}C(ABC) = \frac{1}{2}tr(ABC)$$

$$L_2 = \frac{1}{2}tr(ABC) + \frac{1}{24}C(ABC)$$

$$L_2 + \frac{1}{2}tr(ABC) = L_3 + \frac{1}{8}C(ABC)$$



الشكل رقم (١٣ ـ ٦)

حيث L_3 هلال مشابه لـ L_1 ويكون معه $L_3 = 2L_1$؛ تشير $C(ABC)$ و $tr(ABC)$ بالترتيب إلى مساحتي الدائرة ABC والمثلث ABC.

= من صور أبقراط. غير أن نتيجته الأولى تبقى تعميماً بسيطاً لإحدى قضايا أبقراط التي ذكرها سمبليسيوس حسب نصٍ لألِكسندر مما يعقد المسألة بنوع خاص. نقصد هنا القضية ٣ من الرسالة الأولى والتي تظهر كذلك في مقالته حول تربيع الدائرة، وفي رسالته الثانية، القضية ٨.

في القضية الثالثة من هذه المقالة، يعمم ابن الهيثم ببساطة برهان نتيجة أبقراط الشيي فيأخذ نقطة في أي مكان B، من نصف الدائرة ABC ويبين أن: $L_1 + L_2 = tr(ABC)$؛

وفي القضية الرابعة، يدرس نسبة هلالين متشابهين.

نذكر أن الهلالين L_1 وL_2 الداخلين في هذه القضايا، هما الهلالان المشتركان لأنصاف الدوائر الثلاث ABC و AEB وBGC.

تظهر، إذاً، رسالة ابن الهيثم الأولى هذه وكأنها في الخط الذي يرسمه بحث أبقراط الشيي. وكذلك هي الحال بالنسبة إلى الجزء المتعلِق بهلاليات رسالته حول مساحة الدائرة(١٧). نلاحظ أن ابن الهيثم، تماماً كما أبقراط الشيي، يستعمل تناسب مساحة الدائرة مع مربع القطر، ومُبَرْهنة فيثاغورس. في الحالتين، تُدرس الهلالية المرافقة للمثلث القائم ومتساوي الساقين. وعلى الرغم من أن تفكير ابن الهيثم أكثر شمولية بقليل، فإن هذه الشمولية لا تعدل بعمق تشابه طريقته مع طريقة أبقراط الشيي. ولنذكر على سبيل التذكير أن المهم في رسالته عن «تربيع الدائرة» لا يكمن في النتائج حول الهلاليات التي درسها في هذه الرسالة (كما في رسالته الأولى)، بل إنه يكمن في تمييزه الصريح بين وجود مربع مكافئ للدائرة - أي وجود هذه النسبة غير المنطّقة - وبين إمكانية بناء هذا المربع أو هذه النسبة(١٨).

وقد تعدل هذا الوضع بعمق في رسالته الثانية(١٩). فلم يحصل فيها ابن الهيثم على نتائج أكثر شمولية فحسب، لكنه أيضاً بدّل طريقته: فهو يتناول مسألة تربيع الأهلّة من جديد منذ البداية، وينقلها إلى مجال علم المثلثات، ويحاول استنتاج مختلف الحالات على أنها خواص لدالة مثلثية سوف يتم التعرف إليها بمزيد من الدقة فيما بعد، بواسطة أولير (Euler).

منذ بداية هذه الرسالة، يعترف ابن الهيثم صراحةً بأن حساب مساحات الأهلة يستدعي احتساب مجاميع وفوارق قطاعات من دوائر ومثلثات تقتضي مقارنتها، بدورها، مقارنةً لِنِسَب الزوايا ولِنِسَب قطعات مستقيمة. ولهذا السبب بدأ بإثبات أربع تمهيديات

---

(١٧) أو «تربيع الدائرة» (المترجم). انظر: Heinrich Suter, «Die Kreisquadratur des Ibn al-Haitam,» *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Historisch-litterarische Abteilung*, Bd. 44 (1899), pp. 33-47.

(١٨) انظر: Roshdi Rashed, «L'Analyse et la synthèse selon Ibn al-Haytham,» dans: Roshdi Rashed, ed., *Mathématiques et philosophie de l'antiquité à l'âge classique* (Paris: Editions du CNRS, 1991), pp. 131-162.

(١٩) هذه الرسالة التي تحمل العنوان «رسالة في الأشكال الهلالية»، وُضعت وتُرجمت في: Rashed, *Œuvres mathématiques d'Ibn al-Haytham*.

عائدة للمثلث ABC، قائم الزاوية B في التمهيدية الأولى، ومنفرجُها في الثلاث الأخرى؛ وهي تمهيديات تدل على أن النقطة الأساسية في الدراسة باتت تعود إلى دراسة الدالة:

$$f(x) = \frac{sin^2 x}{x} \quad 0 < x \leq \pi \qquad (١)$$

يمكننا كتابة هذه التمهيديات مجدداً على الشكل التالي:

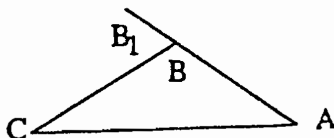
١ - إذا كان $0 < C < \frac{\pi}{4} < A < \frac{\pi}{2}$، يكون $\frac{sin^2 C}{C} < \frac{2}{\pi} < \frac{sin^2 A}{A}$.

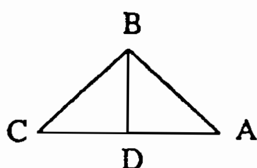
وبديهي أنه في حال $C = A = \frac{\pi}{4}$، يكون $\frac{sin^2 C}{C} = \frac{sin^2 A}{A} = \frac{2}{\pi}$.

٢ - ليكن $\pi - B = B_1$،

فإذا كان $C < \frac{\pi}{4} < B_1 < \frac{\pi}{2}$، يكون $\frac{sin^2 C}{C} < \frac{sin^2 B_1}{B_1}$.

٣ - إذا كان $A \leq \frac{\pi}{4}$، يكون $\frac{sin^2 A}{A} < \frac{sin^2 B_1}{B_1}$.





٤ - هنا يريد ابن الهيثم دراسة الحالة $\frac{\pi}{4} < A$؛ ولكن الدراسة غير تامة. فيبرهن أنه إذا أُعطِيَت A، يمكننا إيجاد B_0 يكون معها:

$$B_1 \geq B_0 \Longrightarrow \frac{sin^2 A}{A} > \frac{sin^2 B_1}{B_1}$$

ويبدو أن هذه الدراسة الناقصة قد حجبت عن ابن الهيثم رؤية المساواة:

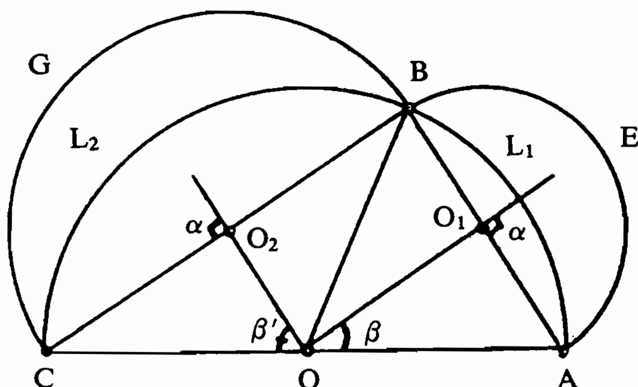
$$\frac{sin^2 A}{A} = \frac{sin^2 B_1}{B_1}$$

نلاحظ أن هذه التمهيديات، بربطها مسألة تربيع الهلاليات بعلم المثلثات، قد بدلت موقع هذه المسألة وأتاحت توحيد الحالات الاستثنائية. لكن النقص الذي أشرنا إليه، في هذه الطريقة، قد حجب إمكانية وجود أهلّة قابلة للتربيع. ولنلقِ الآن نظرة سريعة على قضايا رسالة ابن الهيثم الثانية.

في ثماني قضايا - ٨ إلى ١٦ - تتشارك التمهيديات كل اثنتين بعضهما مع بعض، وفي كل الأحوال كانت الثلاث أقواس ABC و AEB وBCG متشابهة. لتكن O وO_1 وO_2 مراكز الدوائر المقابلة؛ ولِنَضَعْ:

$$\angle AOC = \angle AO_1B = \angle BO_2C = 2\alpha \quad , \quad \angle AOB = 2\beta \quad , \quad \angle BOC = 2\beta'$$

مع $\beta \leq \beta'$ و$\beta + \beta' = \alpha$.



الشكل رقم (١٣ - ٧)

يتحدد الهلال L_1 بـ (α, β) والهلال L_2 بـ (α, β'). نأخذ بالاعتبار، إذاً، الحالة $\alpha = \frac{\pi}{2}$؛ فيكون لدينا إذ ذاك القضايا التالية:

١ - مهما تكن (β, β') مع $\beta + \beta' = \frac{\pi}{2}$، يكون لدينا $L_1 + L_2 = tr(ABC)$؛

٢ - في الحالة $\beta = \beta' = \frac{\pi}{4}$، يكون لدينا $L_1 + L_2 = tr(ABC)$؛ وفي هذه الحالة يكون لدينا $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{2}{1}$، والهلال الوحيد القابل للتربيع والذي قام بدراسته ابن الهيثم.

في الحالة $\beta < \beta'$ لدينا $L_1 = \frac{1}{2} tr(ABC) - \mathrm{C}(N)$،

و

$$L_2 = \frac{1}{2} tr(ABC) + \mathrm{C}(N)$$

تتعلق الدائرة (N) بالنسبة $\frac{\alpha}{\beta}$.

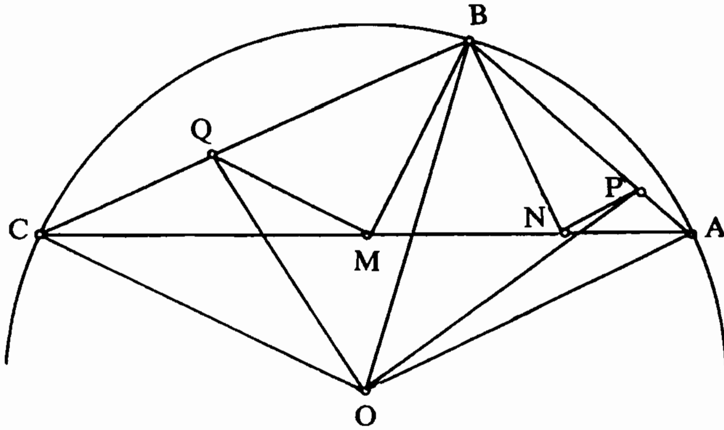
٣ - في الحالة $\beta = \frac{\pi}{6}$، يكون لدينا $L_1 = \frac{1}{2} tr(ABC) - \frac{1}{24} \mathrm{C}(ABC)$. في هذه الحالة تكون $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{3}{1}$.

في الحالة $B' = \frac{\pi}{3}$، يكون لدينا $L_2 = \frac{1}{2}tr(ABC) + \frac{1}{24}\mathrm{C}(ABC)$؛ في هذه الحالة تكون $\frac{\alpha}{\beta'} = \frac{3}{2}$.

إلى هنا، لم يستعمل ابن الهيثم في براهينه إلا التمهيدية ١؛ ولجأ، لإقامة القضية التالية، إلى التمهيديات الثلاث الأُخريات. وكانت فكرته القائدة هي في الانطلاق من النقطتين M وN على الدائرة AC، بحيث يكون:

$$\angle ABC = \angle BMC = \angle ANC = \pi - \alpha$$

وفي تحديد نقطة P على AB ونقطة Q على BC بحيث يكون $NP//OA$ و $MQ//OC$؛ فإقامة النتائج ليست ممكنة، فعلاً، انطلاقاً من المثلث ABC كما في القضايا السابقة.



الشكل رقم (١٣ ـ ٨)

وهكذا، لكل ثنائية (β,β') حيث $\beta + \beta' < \frac{\pi}{2}$، حدد ابن الهيثم دائرتين (K) و(Z) بحيث يكون:

$$L_1 + L_2 + (K) = \text{رباعي الأضلاع } (OPBQ)$$

$$L_1 + Z = tr(OPB)$$

ويقوم فيما بعد بفحص الحالات التالية:

ـ إذا كان $\beta = \beta'$، يكون:

$$(Z) = \frac{1}{2}K \;\;,\;\; L_1 = L_2 \;\;,\;\; L_2 + (Z) = tr\,(OQB) = tr\,(OPB)\;;$$

ـ إذا كان $\frac{\pi}{4} > \beta'$، يكون $(K) > (Z)$، و$L_2 + (K) - (Z) = tr(OQB)$؛

ـ إذا كان $\frac{\pi}{4} < \beta'$، يمكن أن نحصل على:

$(K) > (Z)$، و $L_2 + (K) - (Z) = tr(OQB)$، و $L_2 < tr(OQB)$،

أو على:

$(Z) = (K)$، و$L_2 = tr(OQB)$،

أو على:

$(K) < (Z)$، و $L_2 = tr(OQB) + (Z) - (K)$، و$L_2 > tr(OQB)$.

ويوضح ابن الهيثم هذه النتائج فيما بعد بأمثلة، ثم يبرهن القضايا التالية:

٤ ـ إذا كان $\alpha = \frac{\pi}{3}$، و$\beta = \beta' = \frac{\pi}{6}$، و$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{2}{1}$، يكون لدينا:

$$L_1 = L_2 = \frac{2}{3}tr(ABC) - \frac{1}{18}C(ABC)$$

٥ ـ إذا كان $\alpha = \frac{\pi}{3}$، و $\beta = \frac{\pi}{12}$، و $\beta' = \frac{\pi}{4}$، و$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{4}{1}$، و $\frac{\alpha}{\beta'} = \frac{4}{3}$، في هذه الحالة لا تكون الدائرة الطارئة كسراً من الدائرة (ABC)؛

٦ ـ إذا كان $\alpha = \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{8}$، و$\beta = \frac{\pi}{8}$، و$\beta' = \frac{\pi}{8}$، و$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{11}{3}$ و$\frac{\alpha}{\beta'} = \frac{11}{8}$، في هذه الحالة لا تكون الدائرة الطارئة كسراً من الدائرة (ABC).

في القضايا اللاحقة، باستثناء القضية ٢١، يدرس ابن الهيثم الأشكال المركبة من مجاميع أهلّة وقطعات من مثلثات ومن فروقها. ويشير في القضية ٢١ إلى خاصية الهلال الذي ينتمي قوساه إلى دائرتَيْن متعادلتَيْن. تنتج هذه الخاصية عن تحول (Translation) يجمع بين دائرتين وهي خاصية درسها ابن الهيثم في رسالته حول **التحليل والتركيب**(٢٠).

في رسالة ابن الهيثم الثانية، تسلك دراسةُ تربيع الأهلّة، إذاً، طريقاً آخر، طريقاً يقود فيما بعد إلى أولير (Euler)، بنقل المسألة نحو علم المثلثات، وبالاعتراف نوعاً ما بتبعيتها تجاه الدالّة (١).

---

(٢٠) انظر: Roshdi Rashed, «La Philosophie des mathématiques d'Ibn al-Haytham: L'Analyse et la synthèse,» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales*, vol. 29 (1991), pp. 31-230.

مسألة تساوي المحيطات

إن القول بأن للقرص الدائري، من بين النطاقات ذات المحيط المعطى في مستوٍ، المساحةَ الأكبر، وبأن للكرة، من بين المجسمات ذات المساحة الجانبية عينها في الفضاء، الحجمَ الأكبر، يبدو، حسب الشهادات المتأخرة[٢١]، من معارف الماضي. غير أن بحثَ هذه المسألة لذاتها يعود إلى زينودور (Zénodore)، وكذلك إعطاء البرهان، وذلك في رسالته المفقودة حول **الأشكال ذات المحيطات المتساوية**[٢٢]. لكن، ولأسباب رياضية كما لأسباب تتعلق بعلم الكون، لم تتوقف هذه المسألة عن إثارة اهتمام علماء الرياضيات، والفلك، وحتى الفلاسفة. نورد في هـذا المجـال، مـن بـين أسـمـاء أُخـر هـيـرون الإسـكـنـدري (Héron d'Alexandrie)[٢٣]،

---

(٢١) المقصود شهادة سمبليسيوس، انظر: Simplicius of Cilicia, *Simplicii in Aristotelis de Cœlo Commentaria*, edited by I. L. Heiberg, Commentaria in Aristotelem Graeca; vol. VII (Berolini: G. Reimer, 1894), VII, 4/2, lines 12-17:

«تمت البرهان، ليس فقط قبل أرسطو الذي استخدم النتيجة < كقضية > مبرهنة، وإنما أيضاً من قبل أرخميدس، وبطريقة أكثر تفصيلاً - πλατύτερον - من قبل زينودور، على أن بين الأشكال متساوية المحيطات، الأكثر اتساعاً بين الأشكال المستوية هي الدائرة، وبين المجسمات هي الكرة». يدل هذا النص كما ذكر شميدت، في: W. Schmidt, «Zur Geschichte der Isoperimetrie,» *Bibliotheca Mathematica*, vol. 2 (1901), pp. 5-8,

على أن القضايا الأساسية قد عُرفت قبل زينودور، وشميدت هو من لفت انتباه مؤرخي العلوم إلى نص سمبليسيوس. دفعت هذه الفكرة ج. موجيني (J. Mogenet) إلى أن ينسب لزينودور الفضل فقط في إظهار «الخطوط العريضة - πλατύτρων - من مسألة تساوي المحيطات، وإلى أن يستدل على تحديده لفترة حياة عالم الرياضيات هذا في القرن الثالث قبل عصرنا. انظر: J. Mogenet, «Les Isopérimètres chez les grecs,» *Scrinium lovaniense, mélanges historiques* (Louvain), 4ème série, vol. 24 (1961), pp. 69-78.

(٢٢) حول تواريخ زينودور لم نتقدم اليوم عن البارحة: بعد أرخميدس وقبل بابوس. في مؤلفه: Pappus d'Alexandrie, *Commentaires de Pappus et Théon d'Alexandrie sur l'Almageste*, Vatican, Biblioteca Vaticana, Studie testi; 54, 72 (Rome: Biblioteca Apostolica Vaticana, 1936), pp. 354 et sqq.

يأخذ أ. روم (A. Rome) بعين الاعتبار عدم اليقين هذا، ويحدد زمانه بين القرن الثاني قبل عصرنا والقرن الثالث بعده. لا نسترجع هنا هذا الجدال الذي شارك به كانتور (Cantor) وشميدت (Schmidt) وموجيني (Mogenet) وغيرهم. ومؤخراً، دفعت مختارات خاطئة لديوقليس (Dioclès)، بقيت محفوظة في صيغة عربية، إلى الاعتقاد بإمكانية الحصول على عنصر جديد في هذه المسألة. غير أن شيئاً من هذا القبيل لم يحصل. حول نص زينودور، انظر: Pappus d'Alexandrie, Ibid., livre 2, et Théon d'Alexandrie, *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le premier livre de la composition mathématique de Ptolémée*, traduction française par N. Halma (Paris: [s. n.], 1821).

(٢٣) انظر: Schmidt, «Zur Geschichte der Isoperimetrie».

وبطلميوس[٢٤]، وپاپوس (Pappus)[٢٥]، وثيون الإسكندري (Théon d'Alexandrie)، لكننا نعتبر أن الأكثر أهمية هنا هما بطلميوس وثيون. ففي **المجسطي** ولتعزيز أطروحته حول كروية الكون، وهي أطروحة في غاية الأهمية في علمه الفلكي ونشأة الكون، يذكر بطلميوس النتيجة السابقة على أنها معروفة، ويقول: «بما أن، من بين الأشكال المختلفة ولكن متساوية المحيط، نجد الأكبر هي التي لها أضلاع أكثر، فمن بين الأشكال المستوية، تكون الدائرة هي الأكبر، ومن بين المجسمات، الكرة»[٢٦]. أما ثيون الإسكندري فيوجز كتاب زينودور في تعليقه على الكتاب الأول من **المجسطي**، حيث، وبعد طرح المسألة يقول: «سنبرهن المسألة بطريقة مختصرة، مأخوذة من برهان زينودور في رسالته حول الأشكال المتساوية المحيط»[٢٧]. نشير هنا إلى أنه حتى منذ العقود الأولى للقرن التاسع للميلاد، تم نقل **المجسطي** وكذلك تعليق ثيون الإسكندري إلى العربية.

هنا تكمن مصادر الكِندي، الذي يبدو أنه أول من عالج هذه المسألة بالعربية. وهذا ما يذكره في مؤلفه **في الصناعة العُظمى**، حيث نعاين بوضوح تأثير ثيون[٢٨]. فهكذا، وبعد ذكره يلحظ بأنه شرحها في كتابه عن **الكرويات**: «كما أوضحنا في كتابنا في الأكر»[٢٩]. لكن ابن النديم[٣٠] في القرن العاشر للميلاد، يُعْلِمُنا أيضاً أن الكندي قد كرس لهذا الموضوع رسالة تحت عنوان **الكرة هي أعظم الأشكال المجسمة والدائرة أعظم الأشكال المسطحة**.

لكن كتابات الكندي هذه ما زالت مفقودة، فلا يسعنا بالتالي تأكيد إسهامه. كذلك ليس ممكناً ذكرُ البحث في هذه المسألة في عصره أو عند خلفائه، طالما ينقصنا شرحُ الفارابي

---

(٢٤) انظر: Claudius Ptolemaeus: *La Composition mathématique*, traduction française par N. Halma (Paris: J. Hermann, 1813), pp. 9-10, et Ptolemy, *Ptolemy's Almagest*, translated and annotated by G. J. Toomer (New York: Springer-Verlag, 1984), pp. 9-10.

(٢٥) انظر: Pappus d'Alexandrie, *Commentaires de Pappus et Théon d'Alexandrie sur l'Almageste*, livre 5, pp. 239 et sqq.

(٢٦) انظر: Ptolemaeus, *La Composition mathématique*, p. 10.

لنلحظ أننا نقرأ، في الترجمة العربية للحجاج، في بداية القرن التاسع للميلاد، مخطوطة ليدن (Leiden)، ٦٨٠، الورقتان ٣ظ - ٤و، ما معناه: «بما أن الأعظم بين الأشكال المضلعة المحاطة بدوائر متساوية هي التي لها العدد الأكبر من الزوايا، تكون الدائرة هي الأعظم بين الأشكال المستوية والكرة هي الأعظم بين الأشكال المجسمة...».

(٢٧) انظر: Théon d'Alexandrie, *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le premier livre de la composition mathématique de Ptolémée*, p. 33.

(٢٨) مخطوطة اسطنبول، آيا صوفيا، ٤٨٣٠، الأوراق ٥٣و-٨٠ظ والورقة ٥٩ظ. قارن: أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **كتاب في الصناعة العظمى**، تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد (قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧)، ص ٤١ .

(٢٩) كما يقول الكندي: «كما أوضحنا في كتابنا في الأُكَر».

(٣٠) انظر: Muḥammad Ibn Isḥāq Ibn al-Nadim, *Kitāb al-Fihrist*, mit Anmerkungen =

الفيلسوف وعالم الرياضيات، للكتاب الأول لبطلميوس. وأول دراسة جوهرية لهذه المسألة وصلت إلينا هي دراسة عالم الرياضيات من أواسط القرن العاشر للميلاد وهو الخازن[٣١].

يبدو أن لازمة دراسةِ الخازن وكذلك دراسات خلفائه، كما سنرى، هي علم الكون. يُفتح كتابه هذه تحديداً على قولٍ لبطلميوس أتينا على ذكره، ليتابع بتسع تمهيديات، تدل وحدها على أن الخازن وإن كان على معرفة بنتائج زينودور الموجودة في موجز ثيون، إلا أنه مع ذلك اتبع طريقة برهانية أخرى. فلنسترجع عرض الخازن بإيجاز.

خُصصت التمهيديات الأربع الأُولى للخازن لإثبات أن مساحة المثلث المتساوي الأضلاع أكبر من مساحة أي مثلث متساوي الساقين له المحيط عينه. وينتقل في التمهيدية السادسة إلى متوازيات الأضلاع والمعينات، ويقارن بين مساحاتها ومساحة المربع ذي المحيط نفسه. ويأخذ في التمهيدية السابعة مثلَ الخُماسي، ويبرهن أن مساحة الخُماسي المنتظم أكبر من مساحة خماسي غير منتظم له المحيط عينه.

وعند المقارنة بزينودور، لا بد من ملاحظة الفارق بين الطريقتين. يبدأ زينودور بمقارنة مثلث ما إلى مثلث متساوي الساقين لهما قاعدة مُشتركة والمحيط عينه، للتوصل إلى التمهيدية التالية: «إن مجموع مثلثين متساويي الساقين، متشابهين ولهما قاعدتان مُتباينتان، أكبر من مجموع مثلثين متساويَيْ الساقين، وغير متشابهين، لكن لكل منهما محيط أحد المثلثين المتشابهين».

إن تعبير «تساوي المحيطات» يشير هنا إلى أن مجاميع الأضلاع، باستثناء القاعدات، متساوية. بيد أن تمهيدية زينودور هذه غير صحيحة[٣٢]، ومن المدهش فعلاً ألا يلاحظ أي من پاپوس أو ثيون خطأه هذا. فهل هذا الخطأ في أساس اختيار الخازن لطريقته المختلفة؟

ومن ثم يبرهن الخازن أنه: إذا كان لمضلعين منتظمين P_1 وP_2، n_1 و n_2 ضلعاً على التوالي، مع $n_1 > n_2$، ولهما المحيط عينه، إذ ذاك تكون مساحة P_1 أكبر من مساحة P_2.

وإذ ذاك يبرهن الخاصية القصوى للدائرة: إذا كان لدائرة ولمضلع منتظم المحيطُ عينه،

= hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller, 2 vols. (Leipzig: F.C.W. Vogel, 1871-1872); traduction anglaise par: Bayard Dodge, ed. and tr., *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture,* Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83, 2 vols. (New York: Columbia University Press, 1970), p. 316.

(٣١) انظر: R. Lorch, «Abū Ja'far al Khāzin on Isoperimetry,» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften* (1986), pp. 150-229.

(٣٢) من المدهش حقاً ألا ينتبه ثيون (Théon) أو پاپوس (Pappus) أو المؤرخون فيما بعد لهذا الخطأ، الذي لم يلحظه سوى كوليدج (Coolidge). انظر: Julian Lowell Coolidge, *A History of* =

إذ ذاك تكون مساحة الدائرة أكبر من مساحة المضلع.

نرى، إذاً، أن طريقة الخازن تنظّم على الشكل التالي: ١ - يبدأ بمقارنة المضلعات المنتظمة ذات المحيط عينه والتي لها عدد مختلف من الأضلاع؛ ٢ - ويقارن فيما بعد مضلعاً منتظماً يحيط بدائرة، لها المحيط ذاته. هذه الطريقة، المشتركة بين الخازن وزينودور ساكنة، بمعنى أن لدينا من جهة مضلعاً مُعْطى، ومن الأخرى، دائرة.

لنأتِ الآن إلى الجزء الثاني من مقالة الخازن المكرسة لتساوي المساحات الخارجية للمجسمات. هنا أيضاً، بعد إعلانه عدة تمهيديات عن مساحة الهرم وحجمه، ومساحة المخروط، وجذع المخروط، وحجمهما، ينتهي إلى إثبات ثلاث قضايا أساسية. يمكن كتابة القضية الأولى منها كما يلي:

ليكن $\sum$ مجسماً دورانياً مكوناً من جذوع مخروطات ومخروطات، محاطة بكرة S لها شعاع R؛ ولتكن S' كرة بشعاع R' محاطة بـ $\sum$؛ نبرهن أن:

$$4\pi R^2 < \sum \text{مساحة} < 4\pi R'^2.$$

وفي القضية الثانية، يبرهن أن مساحة الكرة تعادل أربعة أضعاف مساحة دائرتها الكبرى. وفي الثالثة، يحدد حجم الكرة. وللتوصل إلى ذلك، يحدد الخازن مجسماً خاصاً مُحاطاً بالدائرة، ويسلم بوجود كرة مماسة لجميع أوجه المجسم؛ وهذا ليس صحيحاً. على أن النتيجة الحاصلة تبقى صحيحة. وأخيراً يبرهن الخاصية القصوى للكرة بالطريقة التالية:

لنأخذ كرة مركزُها O وشعاعها R؛ ومساحتها S وحجمها V؛ ومتعدِد سطوح له المساحة عينها S، وحجمه V_1، نفترضه محيطاً بكرة أخرى بشعاع R'؛ إذ ذاك يكون لدينا:

$$V_1 = \frac{1}{3} S.R'$$

Geometrical Methods (Oxford: Clarendon Press, 1940), p. 49; reprinted (New York: Dover = Publications, 1963).

لنسترجع هذه التمهيدية، بتعبير آخر. يعود الأمر إلى التفتيش عن النهاية العظمى لِـ $ax + by$ عندما يكون:

$$\sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + y^2} = 1$$

يجب إذن أن تكون $ax' + by' = 0$، من هنا $\frac{x'}{b} = -\frac{y'}{a}$؛ وباشتقاق المعادلة الثانية:

$$\frac{bx}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{ay}{\sqrt{b^2 + y^2}},$$

وبوضعنا $x = au$ و $y = bv$، يتأتى:

$$\frac{u}{a\sqrt{1 + u^2}} = \frac{v}{b\sqrt{1 + v^2}}$$

في حين يقصد النص $u = v$.

فتقل المساحة S' عن مساحة متعدد السطوح، ويكون $S < S'$ وبالتالي:

$$\frac{1}{3}S.R' < \frac{1}{3}SR \quad \text{و} \quad R' < R$$

أي $V_1 < V$.

لنذكر أن الخازن لم يوضح طبيعة متعدد السطوح؛ لكن برهانه يفترض أن يكون متعدد السطوح هذا محيطاً بكرة، وهذه حالة متعدد السطوح المنتظم، لكن البرهان لا يصح بالنسبة إلى متعدد سطوح أو مجسم بشكل عام. ويمكننا ملاحظة الفارق بين طريقة الخازن في حال المستوي وطريقته في حال الفضاء: فهذه المرة، لا نراه يقارن متعددات سطوح ذات مساحة واحدة وعدد مختلف من الأوجه. وهو بالمقابل، يصل مباشرة إلى نتيجة، باستعماله الصيغة التي تربط حجم الكرة بمساحتها، وهي صيغة يحصل عليها بمقاربة الكرة بمتعددات سطوح غير منتظمة.

وبعد الخازن بحوالى نصف القرن، يستعيد ابن الهيثم، الذي لم ترضه أعمال أسلافه (مع أنه لم يذكرهم بالأسماء)، هذا الموضوع ويكتب رسالة في تساوي المحيطات(٣٣). في مستهل هذه الرسالة يقول: «وقد ذكر أصحاب التعاليم هذا المعنى واستعملوه، إلا أنه لم يقع إلينا برهان لهم على هذا المعنى ولا دليل مقنع مستوفٍ لجميع معانيه». ويربكنا هذا التصريح، على الأقل في الوضع الراهن لمعلوماتنا. فهل كان ابن الهيثم جاهلاً لمقالة الخازن؟ هل وجدها غير كافية؟ وأخيراً، من هم علماء الرياضيات هؤلاء؟ مهما يكن، لقد عزم ابن الهيثم على إعطاء برهان جامع («كلي»).

يدلنا تحليل هذا النص على أن ابن الهيثم، وخلافاً للخازن، كان يبحث عن طريقة ديناميكية (متحركة)، ويدل من جهة أخرى على أن هذه الطريقة، التي بلغت غايتها في حالة نطاقات مستوية قد أخفقت في حال مساحات المجسمات، بسبب العدد المحدود لمتعددات السطوح المنتظمة. لكن هذا الفشل كان مُثمِراً. فلئن حال بينه وبين بلوغ هدفه في حال تساوي مساحات المجسمات، إلا أنه أتاح له عرض نظرية أصيلة في الزاوية المجسمة هي الأولى التي تستحق هذا اللقب.

الجزء الأول من هذه الرسالة التي كانت في طليعة البحث الرياضي في عصر ابن الهيثم وكذلك طيلة قرون من بعده، كُرِس للأشكال المستوية. يبتّ المؤلِف سريعاً في هذه الحالة. وكما الخازن، يبدأ بمقارنة مضلعات منتظمة لها المحيط عينه، وعدد مختلف من

---

(٣٣) عنوانها: «في أن الكرة أوسع الأشكال المجسمة التي إحاطاتها متساوية وأن الدائرة أوسع الأشكال المسطحة التي إحاطاتها متساوية». (المترجم).

انظر: Rashed, *Œuvres mathématiques d'Ibn al-Haytham,*

حيث نجد نص ابن الهيثم، وترجمته الفرنسية وكذلك نجد تحليله.

الأضلاع، ويبرهن القضيتين:

١ - ليكن P_1 وP_2 مضلعين منتظمين حيث n_1 وn_2، A_1 و A_2، P_1 و P_2، عدد أضلاعهما، ومساحتيهما، ومحيطيهما على التوالي؛

فإذا كان $P_1 = P_2$ و$n_1 < n_2$، إذ ذاك تكون $A_1 < A_2$.

٢ - ليكن P محيط دائرة، وA مساحتها، وP' محيط مضلع منتظم، وA' مساحته؛

إذا كانت $P = P'$، إذ ذاك $A > A'$.

يستعمل ابن الهيثم هنا، خلافاً للخازن ولكل أسلافه المعروفين، القضية الأولى لإثبات الثانية، مُعْتبراً الدائرة كنهاية لمتتالية من المضلعات المنتظمة؛ أي أنه تَبع ما ندعوه طريقة ديناميكية. وبالفعل، انطلاقاً من هاتين القضيتَيْن، يبرهن أن للقرص، من ضمن الأشكال المستوية ذات المحيط المعطى، المساحة الأكبر. في سياق هذا البرهان، يفترض وجود النهاية - وهي مساحة القرص - وهو ما تأكد انطلاقاً من «قياس الدائرة» لأرخميدس.

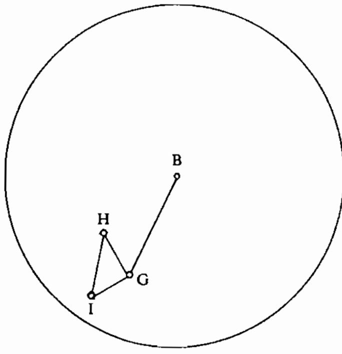
يبدأ الجزء الثاني، المكرس لتساوي مساحات المجسمات، بعشر تمهيديات تشكل وحدُها رسالة في الزاوية المجسمة، وتحليلُها يتجاوز حقاً حدود دراستنا هذه. تُثبّت هذه التمهيديات القضيتَيْن ٥ - أ و٥ - ب من التحقيق الأولي لهذا النص[٣٤] اللتَيْن تتيحان له الاستنتاج. فلنقف عند هاتين القضيتَيْن بأكبر ما يمكن من الإيجاز:

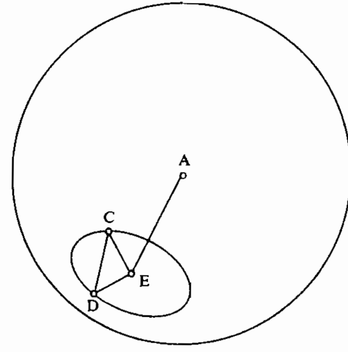
٥ - أ: مِن بين متعددَي سُطوح منتظمين لهما أوجُه متشابهة ومساحات متساوية، يكون الأكبر حجماً الذي له العدد الأكبر من الأوجه.

ليكن A (وتتالياً B) مركز الكرة المحيطة بأول (وتتالياً بثاني) متعدد سطوح، وAE (وتتالياً BG) مسافة المركز إلى مستوي أحد الأوجه، وS_A (وتتالياً S_B) المساحتين الكليتين لمتعددَي السطوح وV_A (وتتالياً V_B) حجميهما؛ فيكون لدينا:

$$V_A = \frac{1}{3} S_A . AE \quad \text{و} \quad V_B = \frac{1}{3} S_B . BG .$$

(٣٤) المصدر نفسه.





الشكل رقم (١٣ ـ ٩)

ولدينا (بالافتراض) $S_A = S_B$. وليكن n_A وn_B عددي أوجه متعددَي السطوح (على التوالي)؛ فإذا كان $n_B > n_A$، إذ ذاك يكون $V_B > V_A$.

يقوم برهان ابن الهيثم على مقارنة AE وBG. وللتوصل إلى ذلك، يأخذ بالاعتبار قاعدَتَي الهرمين A وB اللتين يقوم بتجزئتهما إلى مثلثات. يجري تفكيره إذ ذاك انطلاقاً من النتائج المُعطاة سابقاً بالنسبة إلى الزوايا المجسمة التي تكون قِممها مراكز الكرات.

٥ ـ ب: إذا كانت أوجهُ متعددَي السطوح المنتظمين مضلعات منتظمة متشابهة، وإذا كانت محاطة بالكرة عينها، إذ ذاك يكون لذي العدد الأكبر من الأوجه المساحةُ الكبرى والحجم الأكبر.

لنسترجع، من أجل إيضاحِ أفضل لطريقة ابن الهيثم، المراحلَ الأكثر بروزاً في برهانه.

ليكن P_1 وP_2 متعددَي السطوح، وS_1 وS_2 مساحتيهما، وV_1 وV_2 حجميهما، وn_1 وn_2 عدد أوجههما (تواليًا)، مع افتراض $n_1 > n_2$.

فإذا كان A مركز الكرة المحيطة بمتعددَي السطوح، نحصل على n_1 هرمٍ متساوٍ، قمتها A، ومُلحقة بأوجه P_1، وn_2 هرمٍ منتظم مُلْحقة بأوجه P_2.

لتكن الآن α_1 وs_1 وh_1، على التوالي، زاوية الرأس، ومساحة القاعدة، وارتفاع هَرم المنتظم P'_1 ملحقاً بـ P_1 وα_2 وs_2 وh_2 عناصر الهرم المنتظم P'_2 الملحق بـ P_2. فيكون لدينا:

$n_1\alpha_1 = n_2\alpha_2 = 8D$ ($8D$ = ثماني زوايا مجسمة قائمة).

ولكن، بما أن $n_1 > n_2$، يكون لدينا $\alpha_1 < \alpha_2$.

ويمكننا الافتراض أن لهرمين P'_1 وP'_2 المحورَ عينه. وبما أن $\alpha_1 < \alpha_2$، تكون الزاوية المجسمة لـ P'_1 داخل الزاوية المجسمة لـ P'_2، وتقوم حروف (ضلوع) P'_1 بقطع الكرة ما وراء

مستوي قاعدة P_2'. فمستويا القاعدتين متوازيان ويقطعان الكرة تبعاً للدائرتَيْن المحيطتَيْن بهاتين القاعدتين؛ فنستنتج من ذلك أن:

$$h_1 > h_2 \quad و \quad s_1 < s_2$$

من جهة أخرى، لدينا:

$$\frac{\alpha_2}{8D} = \frac{s_2}{S_2} = \frac{1}{n_2} \quad و \quad \frac{\alpha_1}{8D} = \frac{s_1}{S_1} = \frac{1}{n_1}$$

فيكون بالتالي:

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{s_2 S_1}{s_1 S_2}$$

غير أن ابن الهيثم قد أثبت، في تمهيدية سابقة، أن $\frac{\alpha_2}{\alpha_1} < \frac{s_2}{s_1}$، فيكون:

$\frac{s_2}{s_1} \cdot \frac{S_1}{S_2} > \frac{s_2}{s_1}$، ومنها $S_1 > S_2$.

لكننا نعلم أن:

$V_1 = \frac{1}{3} S_1 h_1$ و $V_2 = \frac{1}{3} S_2 h_2$.

وبما أن $S_1 > S_2$ و$h_1 > h_2$، يكون إذاً $V_1 > V_2$.

رأينا، إذاً، أن ابن الهيثم ينطلق من متعددات سطوح منتظمة. وإذ ذاك لا تنطبق القضيتان ٥ ـ أ و٥ ـ ب إلا على حالات الهرم الثلاثي، وثماني السطوح، واثني عشري السطوح، إذ إن عدد أوجه متعدد السطوح منتظم له أوجه مربعة أو خماسية يكون ثابتاً (٦ أو ١٢). تدل، إذاً، القضية ٥ ـ أ على أنه، إذا كان لهرم ثلاثي، ولثماني السطوح ولاثني عشري السطوح وجميعها منتظمة، المساحة عينها، إذ ذاك تتصاعد أحجامُها وفقاً للترتيب التالي: هرم ثلاثي، وثماني السطوح، واثني عشري السطوح. وتدل القضية ٥ ـ ب على أنه، في حال أحاطت ذات الكرة بهرم ثلاثي، وبثماني السطوح وباثني عشري السطوح وجميعها منتظمة، تتصاعد أحجامها في هذا الترتيب.

مما تقدم، يظهر بوضوح قصد ابن الهيثم: إثباتُ الخاصية القصوى للكرة انطلاقاً من المقارنة بين متعددات السطوح ذات المساحة عينها وعدد مختلف من الأوجه؛ أي تقريب الكرة كنهاية لمتعددات سطوح محاطة.

لكن هذه الطريقة الدينامية (المتحركة) تصطدم بنهائية عدد متعددات السطوح المنتظمة؛ ولا بد من أن نعترف بأن هذه الهفوة تبقى غير مفهومة. فكل شيء يدل على أن ابن الهيثم لم يرَ أن متعددات السطوح التي استخدمها تقتصر على متعددات سطوح إقليدس، وبهذا يكون عددها منتهياً. إنه سهو لا يسعنا تفسيره. فقلائل هم علماء الرياضيات الذين

عرفوا **أصول** إقليدس بالعمق الذي عرفها به ابن الهيثم(٣٥). لكن، وكما رأينا سابقاً، رافق هذا الفشل نجاح كبير: نظريته في الزاوية المجسمة.

وفي الوضع الراهن لمعلوماتنا، يُعتبر هذان الإسهامان - إسهام الخازن وإسهام ابن الهيثم - إلى حد بعيد، الأكثر أهمية في الرياضيات العربية. فقد بلغا مستوىً لم يستطع أن يصله خلفاؤهما من أمثال ابن هود، وجابر بن أفلح، وأبو القاسم السمساطي، وغيرهم. فإذا كان هذا الأخير قد عالج المسألة في المستوي(٣٦)، فابن أفلح لم يأخذ بالاعتبار سوى تساوي مساحات المجسمات ولم ينظر في برهانه إلا إلى متعدِدات السطوح المنتظمة(٣٧). ولا بد أن الأبحاث المقبلة سوف تُنبئنا عن وجود محتمل لإسهامات أخرى من مستوى إسهام الخازن وابن الهيثم، وعمّا إذا ما نُقلت عناصر من هذا الفصل إلى الرياضيات اللاتينية(٣٨).

---

(٣٥) وتكفي للاقتناع قراءة: أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم: **كتاب في حل شكوك إقليدس من الأصول وشرح معانيه**، صورة فوتوغرافية عن مخطوطة اسطنبول (فرنكفورت - أم - مان: [د.ن.]، ١٩٨٥)، **وشرح مصادرات إقليدس** (مخطوطة فايز الله، اسطنبول، ١٣٥٩).

(٣٦) نجد نص أبي القاسم السمساطي في عدد كبير من المخطوطات. المقصود غالباً مجموعات تحتوي على الكتب المتوسطة «المتوسطات،» الموجهة لجمهور مثقف ولتلقين علم الفلك.

(٣٧) انظر: جابر بن أفلح، **إصلاح المجسطي** (مخطوطة اسكوريال، ٣٩٠)، الورقة ١٢و - ظ.

(٣٨) الجميع على علم بنقل كتاب جابر بن أفلح إلى اللاتينية. وقائع أخرى تستحق أيضاً أن تُفحص، مثل قضية موجودة في مؤلف *Geometria Speculativa* الكتاب الثاني لبرادواردين (Bradwardine)، والتي نجدها فيما بعد في مؤلف *La Subtilité* لكاردان (Cardan) وهي ليست سوى القضية ٦ للخازن: «من بين جميع الأشكال المستوية والمتساوية المحيطات والتي لها ذات عدد الأضلاع وزوايا متساوية، الأكبر هو من له أضلاع متساوية». فهل نحن أمام مصدر مشترك، أم ابتداع مستقل، أم نقل؟

الصورة رقم (١٣ ـ ٥)
السمساطي، في أن الدائرة أوسع الأشكال
(طهران، مخطوطة مجلس شورى، ٦٠٩٢).

من بين الموضوعات الهندسية التي اهتم بها الرياضيون العرب النظرية الأولية في تساوي المساحة والحجم. كان ابن الهيثم أهم من عالج هذه النظرية في تلك المرحلة، وتبعه مؤلفون من منزلة أقل كالمؤلف الذي نذكره هنا، مما يبين أن هذه النظرية كانت دائماً محل عناية الرياضيين.

ـ ١٤ ـ

الهندسة

بوريس أ. روزنفيلد(*)
أدولف ب. يوشكفيتش(**)

مقدمة

تعود الآثار الهندسية الأولى المكتوبة بالعربية إلى أواخر القرن الثامن وأوائل القرن التاسع للميلاد؛ واللغة العربية التي اعتمدها، بشكل عام، علماء البلاد الإسلامية منذ انطلاق نشاطاتهم، كانت أداة التعبير في علم الهندسة. وهذه الكتابات تؤكد بشكل مقنع أن التقاليد القديمة: التقليد الإغريقي والهلينستي والتقليد الهندي ـ الذي اتبع أيضاً وجزئياً التقليد الإغريقي ـ أثرت بشكل هام في الهندسة وفي فروع رياضية أخرى كما في العلوم الدقيقة بشكل عام.

وعلى الرغم من أهمية هذا التأثير فإن الهندسة العربية اكتسبت، ومنذ المراحل الأولى لنموها، خصائصها المميزة التي تتعلق بموقعها في نظام العلوم الرياضية، وبترابطها مع سائر فروع الرياضيات ـ على الأخص مع الجبر ـ وبتفسيرها للمسائل المعروفة وبطرحها للمسائل الجديدة كلياً. فبدمجهم لعناصر الإرث الإغريقي وباستيعابهم لمعارف أمم أخرى أرسى العلماء العرب أسس توجهات جديدة للأفكار الهندسية وأغنوا، بفكرهم الخاص، المفاهيم التي اعتمدوا، فإذا بهم يخلقون نوعاً جديداً من الهندسة ومن الرياضيات عامة.

وابتداءً من القرن التاسع للميلاد كُرست إسهامات عديدة لعلم الهندسة. كما أن

(*) قسم الرياضيات ـ الجامعة الرسمية ـ بانسيلفانيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
(* *) متوفى، عضو أكاديمية العلوم الروسية ورئيس الأكاديمية العالمية لتاريخ العلوم.
قام بترجمة هذا الفصل منى غانم وعطا جبور.

أعمالاً مكرسة أساساً لعلوم رياضية أخرى عالجت أيضاً هذه المادة العلمية. إن مجمل الأدبيات المتعلقة بعلم الهندسة يمكن إدخالها، عامة، ضمن هذه، أو تلك، من الفئات الثلاث التالية:

أ - تضم الفئة الأولى كتابات نظرية في الهندسة، أصيلة أو مترجمة عن لغات أخرى، تعالج الحقل الكامل لهذا العلم أو تناقش قطاعاته الخاصة.

تضم هذه المؤلفات، أولاً، وبشكل رئيس، كتاب **الأصول** لإقليدس الذي تسبب بتأليف عدد كبير من التعليقات، الأصيلة في غالبيتها، والتي شكلت بحد ذاتها حقولاً مستقلة للأبحاث. إلا أن علينا إبداء التحفظ التالي: فالمعروف أن **الأصول** تتألف من ثلاثة عشر كتاباً معظمها ليس ذا طبيعة هندسية على الرغم من استعمالها الاصطلاحات الهندسية. فالكتاب الخامس مكرس للنظرية العامة للروابط والنسب. والكتب من السابع إلى التاسع تتناول علم الحساب ونظرية الأعداد؛ وأخيراً، يحتوي الكتاب العاشر على نظرية تتعلق ببعض أنواع الأعداد الصماء من الدرجة الثانية. والكتب الأخرى من **الأصول** تعالج علم الهندسة: فالكتب الأول والرابع والسادس مخصصة للهندسة المسطحة، والكتب من الحادي عشر إلى الثالث عشر، للهندسة الفراغية.

ومن هذه الكتابات النظرية نذكر أيضاً مؤلفات أرخميدس التي تتعلق بعلم الهندسة، التي سنتعرض لمعظمها في الفصل المتعلق بتطبيق الطرق اللامتناهية في الصغر لحل معادلات الدرجتين الثانية والثالثة. وأخيراً، تجدر الإشارة إلى كتاب **المخروطات** لأبولونيوس، وإلى كتاب **الكرويات** لثيودوس، وكذلك إلى مؤلف منلاوس الذي يحمل العنوان عينه.

ومن المؤكد أن تأثير جميع الأعمال المذكورة آنفاً وكذلك تأثير كتابات إغريقية أخرى فُقدت ترجمتُها العربية، كان مهماً.

ب - تضم الفئة الثانية من الكتابات إسهامات في الهندسة مكرسة أساساً لعلوم أخرى كالجبر وعلم الفلك وعلم السكون والبصريات، أو موجودة ضمن مؤلفات فلسفية أو أعمال موسوعية عامة. ويدخل ضمن هذه الفئة: **المجسطي** لبطلميوس حيث يعالج الجزء الثاني من الكتاب الأول أعمالاً هندسية؛ كما تقع ضمن هذه الفئة الجداول الفلكية العربية، «الزيج»، التي تحتوي عادة فصولاً نظرية كاملة إضافة إلى قواعد هندسية. وتقع ضمن هذه الفئة أيضاً مؤلفات عن الأدوات الفلكية.

ج - أما الفئة الثالثة فتضم مؤلفات في الهندسة العملية لهندسيين خبراء وبنائين وحرفيين... الخ، تحتوي على قواعد حسابية وبناءات هندسية مرفقة بأمثلة، دون أية براهين.

إننا لا نؤكد إطلاقاً أن تقسيمنا للأدب الهندسي وافٍ أو ملائم كلياً، لكننا نعتقد أنه سيكون نافعاً للتوجهات العامة لدراستنا هذه.

الهندسة والجبر

نبدأ بأقدم الأعمال العربية المعروفة المتعلقة بالهندسة وهو قسم هندسي مهم من مؤلف الجبر لمحمد بن موسى الخوارزمي (نحو ٧٨٠ ـ ٨٥٠م) الذي نوقش في فصل «الجبر» من هذه الموسوعة.

يرتدي فصل «باب المساحة» من مؤلف الجبر للخوارزمي أهمية خاصة. فهو أقدم نص عربي معروف استُعمل فيه الجبر لحل الأعمال الهندسية؛ مثالاً على ذلك، نجد ضمنه مسألة قياس ارتفاع مثلث، معروفة أضلاعُه بواسطة مبرهنة فيثاغورس. وفي كتاب **القياسات** *(Métriques)* لهيرون الإسكندري نجد الحلول لأعمال مشابهة، إنما بطريقة مختلفة. هذا، مضافاً إلى قواعد أخرى وإلى طريقة حل معادلات الدرجة الثانية يؤكد، بطريقة مقنعة، أن الهندسة العربية تبنت التقاليد الهلينستية، وبالتالي أفكار قدامى الإغريق. وتتطابق بشكل خاص طرق الخوارزمي للتحقق من مدى انفراج الزاوية، أي من كونها منفرجة أو قائمة، أو حادة، مع طرق هيرون التي تعود، بدورها، إلى **أصول** إقليدس. ويصح هذا القول عينه فيما يخص تصنيف رباعيات الأضلاع.

فبإثباته أن مساحة المضلع المنتظم، أياً كان عدد أضلاعه، تعادل حاصل ضرب نصف محيطه بشعاع الدائرة المحاطة به، يظهر الخوارزمي أن مساحة الدائرة تساوي حاصل ضرب شعاعها بنصف محيطها. ويعطي الخوارزمي، لنسبة الدائرة إلى قطرها، التي نسميها اليوم ط (π)، القيم التالية:

$$\pi = 3 + \frac{1}{7} \text{ و } \sqrt{10} \text{ و } \frac{62832}{20000}.$$

وقد أدخل أرخميدس القيمة الأولى لـ π في كتابه **قياس الدائرة**؛ وقد اقترح عالم الفلك الصيني تشانغ هنغ (Chang Hêng) (٧٨ ـ ١٣٩م)، كما اقترح فيما بعد عالم الفلك الهندي براهماغوبتا (وُلِد عام ٥٩٨م) القيمة الثانية، بينما تعود القيمة الثالثة لـ π إلى فلكي هندي آخر هو اريابهاتا (ولد عام ٤٧٦م).

ويقارب الخوارزمي مساحة الدائرة بـ:

$$S = d^2 - \frac{1}{7}.d^2 - \frac{1}{2}.\frac{1}{7}.d^2$$

حيث يمثل d قطر الدائرة. هذه القاعدة تقابلها القيمة $\pi = 3 + \frac{1}{7}$، التي كان هيرون يعرفها أيضاً. علاوة على ذلك، ولقياس المساحة σ لمقطع دائري قاعدته l وارتفاعه h وقوسه s أدخل الخوارزمي القاعدة الصحيحة التالية:

$$\sigma = \frac{d}{2}.\frac{s}{2} - \left(\frac{d}{2} - h\right)\frac{l}{2}$$

حيث الحد الأول من التعبير يمثل مساحة القطاع الدائري المقابل بينما يمثل الثاني مساحة المثلث الذي يمثل الفارق بين القطاع والمقطع. ويقترح الخوارزمي أيضاً قواعد لحساب حجم المنشور والهرم والأسطوانة والمخروط. كما يتعرض الخوارزمي للهرم المبتور الرأس معتبراً أن حجمه هو الفارق بين حجمي الهرمين الكاملين الملائمين، لكنه لم يحتسب حجم الكرة.

وقد احتوت عدة كتيبات عربية في الحساب والجبر على أجزاء مشابهة للفصل المتعلق بالقياسات عند الخوارزمي وهو المسمى «باب المساحة». فقد أدخل أبو الوفاء (٩٤٠ ـ ٩٩٨م) عدداً كبيراً من القواعد الهندسية في مؤلفه الحسابي **كتاب في ما يحتاج إليه الكتاب والعمال وغيرهم من علم الحساب**. لقد زاد أبو الوفاء، قياساً على الخوارزمي، معلومات جديدة مقتبسة جزئياً عن مصادر إغريقية وهندية (قاعدة أرخميدس وهيرون الإسكندري في حساب مساحة مثلث تكون أضلاعه مُعطاة؛ والقاعدة الهندية للحساب التقريبي لضلع في متعدد أضلاع منتظم محاط بدائرة تبعاً لعدد أضلاعه ولقطر الدائرة المحيطة به). وهذا الجزء من كتاب أبو الوفاء يؤدي مباشرة إلى القسم الهندسي من كتاب **الكافي في الحساب** للكرجي (ت نحو ١٠٣٠م).

وهكذا، باستعمالهم البناءات الهندسية الأولية بغية حل معادلات الدرجة الثانية حسابياً، وبإدخالهم الطرق الجبرية لحساب الكميات الهندسية، أقام العلماء العرب جسراً يربط الجبر بالهندسة. ومن البديهي أنهم، أي العلماء العرب، لم يمثلوا الجذور الحقيقية للمعادلات الجبرية الكيفية بخطوط إحداثيات لنقاط تقاطع منحنيات جبرية منتقاة بالشكل المناسب؛ فهذا ما سيتم فيما بعد، في أواخر القرن السابع عشر. بيد أن علماء الرياضيات العرب وخاصة عمر الخيام وشرف الدين الطوسي (انظر الفصل الحادي عشر: الجبر) استبقوا هذه الفكرة على الأقل، في الحالة الخاصة المتعلقة بمعادلات الدرجة الثالثة. ويؤكد غياث الدين الكاشي (ت حوالى ١٤٣٠م) في كتابه **مفتاح الحساب** أنه أدخل مثل هذا الرباط في جميع معادلات الدرجة الرابعة (ذات الجذور الإيجابية)؛ لكن، حتى لو فرضنا أن هذه المؤلفات (التي ذكرها الكاشي) قد كتبت فعلاً، فإنه لم يتم العثور عليها إلى الآن.

الحسابات الهندسية

بعد أن تكلمنا عن العلاقات بين الهندسة والجبر وأوردنا مسألة قياس الأشكال الهندسية، من الطبيعي أن نلتفت نحو حسابات هندسية أخرى. ونحن لن نتوسع في الحسابات المتناهية في الصغر لمعادلات الدرجتين الثانية والثالثة، كتلك التي قام بها ثابت بن قرة وحفيده إبراهيم بن سنان، وابن الهيثم، لأن هذه الحسابات عولجت في الفصل المتعلق بالوسائل المتناهية في الصغر. وعوضاً عن ذلك سنتابع دراسة الحسابات الصحيحة والتقريبية للخوارزمي.

استوعب العرب سريعاً الإرث الإغريقي في هذا المجال، وعلاوة على ذلك، أغنوه كثيراً، كما يشهد على ذلك **كتاب معرفة مساحة الأشكال البسيطة والكرية** الذي كتبه في منتصف القرن التاسع للميلاد الإخوة بنو موسى وهم: محمد (ت ٨٧٢م) وأحمد والحسن. فقد أعطوا فيه قوانين لحساب مساحات المضلعات المنتظمة المحيطة بالدائرة والمحاطة بها. كما احتسبوا مساحة الدائرة باعتبارها «شكلاً مسطحاً»؛ وهذه المساحة هي حاصل ضرب شعاع الدائرة بنصف محيطها. وقد برهن بنو موسى أن نسبة قطر الدائرة إلى محيطها هي نفسها في جميع الدوائر وأن نسبة الدائرة إلى قطرها تتجاوز الـ $3 + \frac{10}{71}$ وتقل عن $3 + \frac{1}{7}$. وكان أرخميدس أول من برهن هذه المتباينات في كتابه **قياس الدائرة**.

وتابع بنو موسى في هذا الاتجاه وصولاً إلى بيان «مبرهنة أرخميدس ـ هيرون» التي تعطي مساحة المثلث تبعاً لأضلاعه. وتوصلوا فيما تبع ذلك من مبرهنات إلى أن المساحة الجانبية للمخروط الدائري هي «شكل مسطح» أي أنها حاصل ضرب مولدته بنصف محيط قاعدته الدائرية. وبرهنوا أن قطع مخروط دائري بسطحٍ موازٍ لقاعدته هو دائرة وأن المساحة الجانبية لمخروط دائري مبتور الرأس هي «شكل مسطحٍ»، أي حاصل ضرب مولدته بنصف مجموع محيط دائرتي قاعدتيه؛ وأن مساحة نصف الكرة تساوي ضعف مساحة الدائرة الكبرى في الكرة، وأن حجم الكرة هو حاصل ضرب شعاعها بثلث مساحتها. ولقد استعملوا طريقة البرهان بالخُلف لإثبات المبرهنتين الأخيرتين. وتعود كل هذه النتائج لأرخميدس الذي برهنها في مؤلفه **الكرة والأسطوانة**.

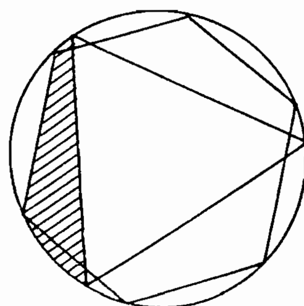
وأخيراً وصف بنو موسى طريقة لاستخراج الجذور التكعيبية للأعداد المكتوبة بالنظام الستيني وناقشوا المسألتين الإغريقيتين التقليديتين:

١ ـ مسألة إيجاد متوسطين متناسبين x و y بين كميتين معروفتين a و b (بحيث يكون $\frac{a}{x} = \frac{x}{y} = \frac{y}{b}$).

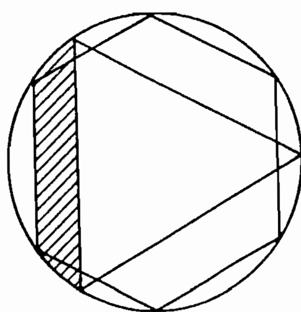
٢ ـ مسألة «تثليث الزاوية» (أي قسمتها إلى ثلاثة أقسام متساوية (المترجم)) مقترحين حلين للمسألة الأولى. يعود أحد هذين الحلين إلى أرخيتاس، ويقدم فعلاً برهاناً على وجود حل (في الفراغ)، وذلك بواسطة تقاطع مجسمات دورانية ثلاثة: أسطوانة ومخروط وقولب طوقي. أما تثليثهم للزاوية فيدخل في السياق المباشر للطريقة التي قدمها أرخميدس في كتابه *Les Lemmes*.

أما ثابت بن قرة، تلميذ الإخوة بني موسى فقد كتب رسائل في مواضيع سبق أن أشرنا إليها بشأن حل مسائل من الدرجتين الثانية والثالثة بواسطة الطرق المتناهية في الصغر، كما ألف كتاباً في قطوع وفي سطوح الأسطوانة وهو يرتكز على هذه الطرق عينها. وبالإضافة إلى ذلك وضع ثابت بن قرة مؤلفين في الحساب الهندسي: **كتاب في مساحة قطع الخطوط** ـ لم يسلم إلى يومنا إلا جزئياً ـ **وكتاب في معرفة مساحة الأشكال البسيطة والمجسّمة**، الذي سلم كلياً. يعطي ابن قرة في النصِ الأول قياس الجزء من الدائرة الموجود

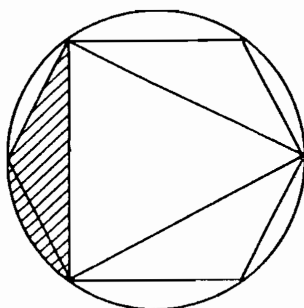
بين مثلث متساوي الأضلاع ومسدس منتظم، كلاهما محاط بهذه الدائرة. ويدرس ابن قرة ثلاث حالات (الشكل رقم (١٤ ـ ١أ وَ ب وَ ج) على التوالي)، ويبرهن أن مساحة الشكل المشار إليه تعادل سدس مساحة الدائرة. أما كتابه الثاني فيحتوي على قوانين عدة لاحتساب المساحات والأحجام، وبصورة خاصة أحجام «المجسمات ذات القواعد المختلفة» كالأهرامات والمخروطات مقطوعة الرأس. فإذا أشرنا إلى القاعدتين بـ S_1 وS_2 وإلى الارتفاع بـ h نجد أن حجم هذه المجسمات في كل الأحوال يعادل $V = \frac{1}{3}.h(S_1 + \sqrt{S_1S_2} + S_2)$؛ وكان ثابت بن قرة قد برهن هذه القاعدة في كتابه **مقالة في مساحة المجسمات المكافئة**.



(أ)



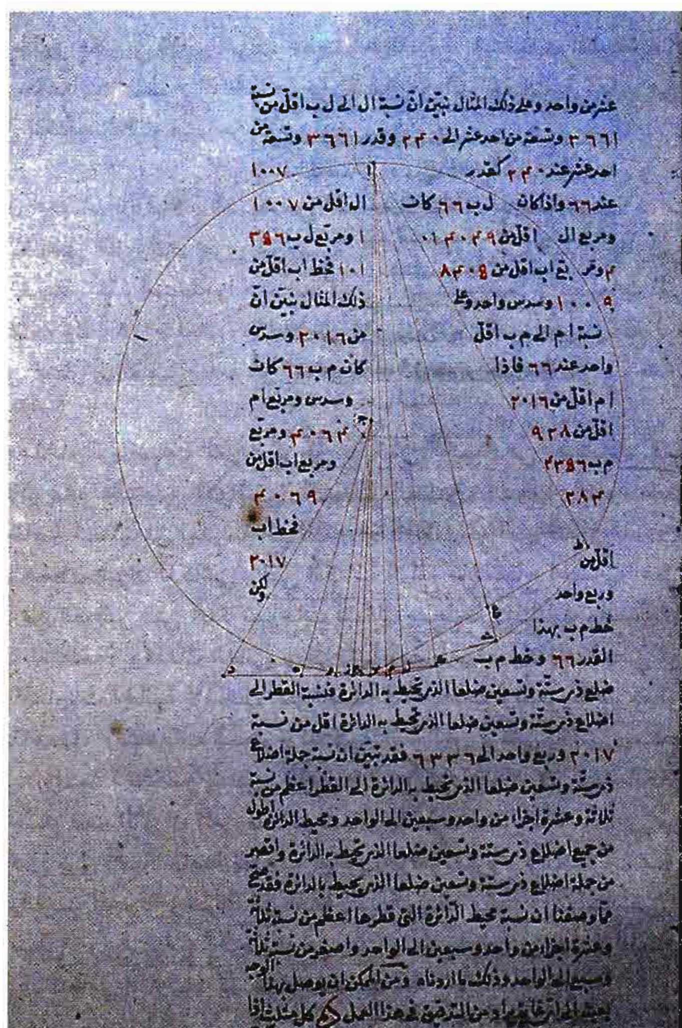
(ب)



(ج)

الشكل رقم (١٤ ـ ١)

ليس من الممكن، وليس من الضروري حتى، تقديم وصف حسابات عناصر الأشكال والمجسمات العديدة ـ وبالأخص المضلعات والمتعدِدات السطوح المنتظمة ـ التي قام بها العلماء العرب، بدقة متزايدة وباستمرار. وعند كون أضلاع المضلعات أعداداً صماء من الدرجة الثانية كان العلماء العرب يستنتجونها من حلِ معادلات الدرجة الثانية ومن



الصورة رقم (١٤ ـ ١)

نصير الدين الطوسي، **تنقيح رسالة بني موسى في مساحة الأشكال البسيطة والكرية**
(القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية، مصطفى فاضل، رياضة ٤١).
ينقح الطوسي هذه الرسالة التي ترجمت إلى اللاتينية ويشرحها،
وكان يتعلم هذا الفرع منها.
وفي هذه الصورة نرى حساباً للعدد ط($=\pi$) باستعمال كثير الأضلاع.

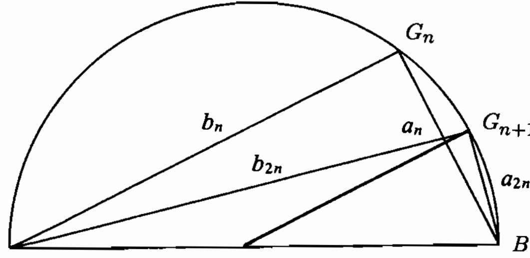
استخراج الجذور مكررين التدبير مرات عديدة أحياناً. وقد استُعْمِلَت الطريقة عينها لتحديد الزوايا في متعددات السطوح المنتظمة، وهي صماء من الدرجة الثانية كما برهن على ذلك إقليدس في الكتاب الثالث عشر من **الأصول**.

وكان احتساب الأضلاع الصماء من الدرجة الثالثة يجري بحل معادلات من الدرجة الثالثة، هذا الحل الذي كان يجري عن طريق تقاطع قطوع مخروطية أو بطرق مشابهة أو بحسابات تقريبية. فقد استخدموا هذه الطرق في احتساب أضلاع المضلعات المنتظمة ذات السبعة والتسعة وال ١٨٠ ضلعاً. وهذا الأخير كان ذا أهمية لأنه ساعد في جمع لوحات علم المثلثات على اعتبار أن نصف ضلعه هو $sin1° = R\ sin1°$، حيث R هي الوحدة.

بلغ علماء الرياضيات العرب درجة عالية من الكمال في حساباتهم كما نرى في الفصل الثاني عشر «التحليل التوافيقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسي ونظرية الأعداد، خاصة فيما يتعلق بمدرسة ألغ بك (Ulugh Beg) في سمرقند. ويلفت الانتباه في هذا المجال عملان مميزان للكاشي. ففي الكتاب الرابع من **مفتاح الحساب** أعطى الكاشي عدداً كبيراً من القوانين التي تحدِد مساحات أشكال مسطحة كالمثلثات والمضلعات الرباعية والمضلعات المنتظمة، وكذلك الدائرة وقطاعاتها ومقاطعها، وكذلك أعطى قوانين تحدِد الأحجام والمساحات الجانبية لأشكال أكثر تعقيداً كالأهرامات والمخروطات مقطوعة الرأس والكرة ومقاطعها، ومتعددات السطوح المنتظمة... الخ. وكان الكاشي يستعمل القيمة التقريبية لِ π والمتمثلة بالكسر الستيني $3.141593 = 3°\ 8'\ 29''\ 44'''$. وقام الكاشي بقياس أحجام الأجسام ذات الأوزان المعروفة، ثم قدم لوحة موسعة عن الثقل النوعي لمواد مختلفة. وكان الكاشي يولي أهمية خاصة لِطريقة قياس أجزاء الصروح والعمارات مثل الأقواس والقناطر والقبب المجوِفة وغيرها من المساحات الهابطة واسعة الانتشار في الشرق في القرون الوسطى. وعند قياسه أحجام المخروطات مقطوعة الرأس والقبب المجوفة استعمل الكاشي طرق التكامل المقارب، كما ندعوها اليوم.

ويمثل كتاب **الرسالة المحيطية**، وهو مؤلف آخر للكاشي، أوجَ الكفاءة في الحساب. ولقد أعطى الكاشي فيه قيمة π بدقة تفوق وإلى حد بعيد ليس فقط كل المحاولات السابقة، وإنما أيضاً الإنجازات اللاحقة لعلماء كثر من أوروبا (انظر لاحقاً). احتسب الكاشي π بالطريقة نفسها التي اعتمدها أرخميدس في كتابه **حساب الدائرة** الذي تُرجم إلى العربية منذ القرن التاسع للميلاد (ولقد رأينا فيما سبق وصف الإخوة بني موسى لحسابات أرخميدس).

وقد حاول الكاشي بلوغ دقة كبيرة جداً في حساباته، حيث درس مضلعاتٍ منتظمة محاطة ومحيطة ذات ال $805,306,368 = 3 \times 2^{28}$ ضلعاً بينما اقتصرت دراسة أرخميدس على المضلعات ذات ال $3 \times 2^5 = 96$ ضلعاً.



الشكل رقم (١٤ ـ ٢)

لنأخذ مضلعاً منتظماً له العدد 3.2^n من الرؤوس ولنسمّ a_n ضلعه وb_n وتر الدائرة الموافقة المحيطة به (كما في الشكل رقم (١٤ ـ ٢))[١]:

فيكون:

$$a_n^2 + b_n^2 = (2R)^2.$$

وبالتالي:

$$(\forall n \in I\!N), a_{n+1} = \sqrt{2R^2 - R\sqrt{(2R)^2 - a_n^2}}$$

حيث $a_o = R\sqrt{3} \equiv BG_o$

وهكذا احتسب الكاشي الـ b_n وليس الـ a_n. وبتطبيقه للقاعدة:

$$AG_o \equiv R = b_o \quad \text{حيث} \quad b_{n+1} = \sqrt{R(2R + b_n)}$$

أرجع عملية حساب الـ a_n، حيث $n = 28$، إلى عملية استخراج جذر تربيعي ٢٨ كرة متتالية. وقد اختار الكاشي هذه القيمة لِـ n لأن الفارق بين محيطَيْ المضلع المحيط والمضلع المحاط بدائرة قطرها D يعادل $600,000$ مرة قطر الأرض، أقل من عرض شعرة حصان (نظن أن المقصود لفظة «شعيرة» (المترجم)). وبما أن D يمثل، في ذهن الكاشي، قطر كرة النجوم الثابتة، فإن علوم الطبيعة لن تصادف أبداً دائرة أكبر. وقد نفذ الكاشي حساباته بواسطة الكسور الستينية لأن استعمالها يسهِل استخراج الجذور أكثر من الكسور العشرية.

---

(١) $a_n = \overline{BG_n}$، $b_n = \overline{AG_n}$، ونبرهن أن: $a_{n+1} = \sqrt{2R^2 - Rb_n}$، $b_{n+1} = \sqrt{2R^2 + Rb_n}$.

و $a_{n+1} = \sqrt{2R^2 - R\sqrt{(2R)^2 - a_n^2}}$، حيث $OB = AO = R$.

وبعد تحديده محيط مضلع محاط له 3×2^{28} ضلعاً احتسب الكاشي محيط المضلع المحيط الموافق وافترض أن محيط الدائرة يعادل المتوسط الحسابي لمحيطي المضلِعين. وحصل على النتيجة التالية:

$$\pi = 3; 8, 29, 44, 0, 47, 25, 53, 7, 25$$

ومن ثم حول هذه القيمة في النظام العشري فتوصل إلى النتيجة التالية:

$$\pi = 3.14\ 159\ 265\ 358\ 979\ 325.$$

ومن السبعة عشر رقماً بعد الفاصلة نرى أن الأخير وحدَه خطأ (والقيمة الصحيحة هي ...38 بدلاً من ...5). وفي أوروبا، وبعد مئة وخمسين سنة من إنجاز الكاشي، توصل العالم الهولندي أ. ڤان رومِن (A. Van Roomen) إلى الحصول على الدقة نفسها في تحديده قيمة π. وقد قام لذلك بدراسة المضلعات المحاطة والمحيطة ذات الـ 2^{30} ضلعاً.

وجدير بالذكر أن الكاشي حدد أيضاً جيب $1°$ بالدقة ذاتها التي حدد بها π. واعتبر هذا الجيب كجذر معادلة من الدرجة الثالثة التي قام بحلها بطريقة حسابية تقريبية تكرارية ذات تقاربية سريعة.

ولنلاحظ بهذا الخصوص، أن علماء الرياضيات العرب عبروا في مناسبات عدة عن اقتناعهم بأن نسبة محيط الدائرة إلى قطرها هي عدد أصم. وكان أبو الريحان البيروني (٩٧٣ ـ ١٠٤٨م)، وفي كتابه **القانون المسعودي**، قد أكد أن نسبة «عدد محيط الدائرة» إلى «عدد القطر» (الذي أخذه معادلاً لِ 2) هي عدد «أصم»(٢).

بناءات هندسية

ترافق اهتمام المجتمعات بالبناءات الهندسية الضرورية لحسابات المسح ولتشييد الأبنية مع اهتمامها بالحسابات الهندسية. وفي هذه البناءات لعب الخيط المشدود الدور عينه الذي تلعبه اليوم المسطرة والبيكار. وبصورة خاصة، كانت المثلثات قائمة الزاوية، والتي يبلغ طول أضلاعها ثلاثة وأربعة أجزاء (وطول الوتر خمسة أجزاء)، تُبنى بواسطة خيط مقسم إلى اثني عشر جزءاً متساوياً. وحسب الأسطورة، لقن «شادّو الأوتار» المصريون (أو الـ «Harpedonaps»)، علمَ الهندسة لديموقريطس (Démocrite). وحسب ما تروي **السولباسوتراس** *(Sulbasûtras)* الهندية القديمة، كانت هذه الحبال تستعمل لبناء المذابح في المعابد.

---

(٢) أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني: **القانون المسعودي**، صحح عن النسخ القديمة الموجودة في المكاتب الشهيرة، تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية، ٣ج (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٤ ـ ١٩٥٦)، ج٣: **المقالة الثالثة من القانون المسعودي**، تحقيق إمام إبراهيم أحمد، مجموعة لجنة إحياء التراث الإسلامي (القاهرة: [د.ن.]، ١٩٨٥)، ص ١٢٦ و ٥١٠ .

نسب الإغريق اختراع البيكار إلى طاليس (Thalès). وكان إقليدس، في كتابه **الأصول** يرسم بناءاته دائماً بواسطة المسطرة والبيكار ولم يستخدم فيها إلا المقاطع من الخطوط التي يمكن بناؤها، انطلاقاً من مقاطع تمثِل أعداداً صحيحة، بواسطة هذه الأدوات. ولهذا، فإن كل الأعداد الصماء، التي نصادف في مؤلفه التقليدي، هي من الدرجة الثانية.

وفي القرن الرابع قبل الميلاد، بدأ الأغريق باستخدام الأدوات لبناء الأعداد الصماء من الدرجة الثالثة، وبالأخص آلة الـ «neusis»، وهي عبارة عن مسطرة معلمة بنقطتين. وباستخدامه مسطرة كهذه، قسم أرخميدس في كتابه *Les Lemmes*، الزاوية إلى ثلاثة أقسام متساوية، محوّلاً هذه المسألة إلى مسألة حل معادلات من الدرجة الثالثة.

استعمل الإغريق منحنيات خاصة، من أجل حل هندسي لبعض المسائل القديمة، أي من أجل بناء المقاطع أو الزوايا الملائمة. مثلاً، في القرن الرابع قبل الميلاد، استعمل مينيشم (Ménechme) القطوع المخروطية لمضاعفة المكعبات. وهذه القطوع المخروطية طُبقت في حلِ مسألة أكثر شمولية، وهي إيجاد متناسبَي الوسط بين مقطعين معروفين من خط مستقيم. وفي القرن الثاني قبل الميلاد أدخل نيقوميدس (Nicomède) وديوقليس (Dioclès) المحارية (Conchoïde) والمقراضية (Cissoïde) للأهداف عينها.

استُعملت منحنية المحارية لتثليث الزوايا ومنحنية المقراضية لمضاعفة المكعبات، وهي حسب المصطلحات العصرية، منحنيات من الدرجة الثالثة. ومن قبلُ، في القرن الخامس قبل الميلاد، حقق هيبياس الإيلي (Hippias d'Elis) تثليث الزاوية بفضل الـ «quadratix» وهو منحنٍ متسام (أي غير جبري (المترجم)). وفي القرن التالي، استعمل دينوسترات (Dinostrate) هَذا المنحني لبناء جزء عكسي من π ولتربيع الدائرة، أي لبناء مربع مكافئ (من حيث المساحة (المترجم)) لدائرة معينة. كل هذه المنحنيات، وكذلك حلزونية أرخميدس التي استُعْمِلَتْ أيضاً لتربيع الدائرة، دُرِسَتْ في عدة أبحاث نظرية، وخاصة في أوروبا العصرية.

في المخطوطات العربية المعروفة، نجد أمثلة عديدة عن استعمالِ القطوع المخروطية في بناء القطعات والزوايا. في حين لم نلقَ في هذه المخطوطات أياً من المنحنيات المذكورة سابقاً. بَيْدَ أن اليهودي الإسباني ألفونسو، في مؤلفه عن **استقامة المنحنيات** *(Meyyashêr 'âqôb)* الذي كُتِبَ في القرن الرابع عشر للميلاد تحت التأثير القوي لعلماء الرياضيات العرب، استعمل المحارية لتثليث الزاوية، ولبناء «المتوسطين المتناسبين»[٣].

كرس ثابت بن قرة مؤلفين للبناءات الهندسية. ففي كتاب **رسالة في الحجة المنسوبة**

---

(٣) انظر: Alfonso, *Meyashshēr 'Aqōb, Vypryamlyayushchiĭ Krivoye,* texte hébreu, traduction russe de G. M. Gluskina; commentée par G. M. Gluskina, S. Y. Luria et B. A. Rosenfeld (Moscou: [s. n.], 1983), pp. 82-84.

إلى سقراط في المربع وقطره أعطى حلاً للمسألة التالية: تقسيم مربع مبني على وتر مثلث قائم الزاوية إلى قِطع نستطيع أن نركب بها المربعات المبنية على أضلاع المثلث عينه. فالشكل رقم (١٤ ـ ٣) ينقل أحد رسوم ثابت بن قرة. هنا، بُني المربع BCHJ على وتر المثلث *ABC* وقُطّع فيما بعد إلى أجزاء أعطت بدورها الشكل *BAFHGD*. وهذا الشكل ليس سوى المربعين *ABDE* و*EFHG* المبنيين على أضلاع المثلث *ABC*.

الشكل رقم (١٤ ـ ٣)

وفي مؤلفه **كتاب في عمل شكل مجسم ذي أربع عشرة قاعدة تحيط به كرة معلومة** درس المؤلف نفسه عملية البناء الفضائي لمتعدد سطوح تحده ستة مربعات وثمانية مثلثات متساوية الأضلاع. ويمكن الحصول على هذا المجسم انطلاقاً من مكعب بُتِرَتْ قممه بقطع نصف كل حافة في المكعب مجاورةٍ لكل قمة.

وهذا المجسم، المحدود بمضلعات منتظمة من نوعين، هو أحد متعددي السطوح الثلاثة عشر المسماة «نصف منتظمة» التي اكتشفها أرخميدس جميعاً.

كتابان كُرسا فقط للبناءات الهندسية: **كتاب الحيل الروحانية والأسرار الطبيعية في دقائق الأشكال الهندسية** للفيلسوف الشهير أبي نصر الفارابي (نحو ٨٧٥ ـ ٩٥٠م)، و**كتاب فيما يحتاج الصانع من الأعمال الهندسية** للكاتب أبي الوفاء. والكتاب الثاني يشتمل على الأول بشكل شبه تام. ونلحظ أن تعبير «حيل» يعني «أساليب بارعة» تدل أيضاً على «علم الحيل» أو الميكانيك، وبشكل خاص على علم الآليات والأدوات الآلية. عند مناقشاته في علم الحساب، استعمل الفارابي هذا التعبير للدلالة على الجبر، واستعمله في علم الهندسة للدلالة على فن البناءات الهندسية.

وهذان الكتابان معاً يحتويان على:

١ ـ بناءات أولية بالمسطرة والبيكار.

٢ ـ بناءات بواسطة أدوات خاصة، لمتناسبَي الوسط ولتثليث الزاوية، وهذه الأساليب تعادل حل معادلات الدرجة الثالثة.

٣ ـ البناء، بواسطة المسطرة والبيكار، للمثلثات متساوية الأضلاع وللمربعات وللمضلعات المنتظمة ذات الـ ٥،٦،٧،٨،١٠ أضلاع (بناء المضلع ذي السبعة أضلاع،

ويعادل حل معادلة من الدرجة الثالثة، كان يجري بصورة تقريبية. أما بناء المضلع المنتظَم ذي التسعة أضلاع فكان يتم بعملية تثليث الزاوية).

٤ ـ عدد من البناءات بالمسطرة والبيكار على نطاق محدد.

٥ ـ بناء قطع مكافئ («مرآة حارِقة») بتحديد عدد معين من نقاطه بيانياً.

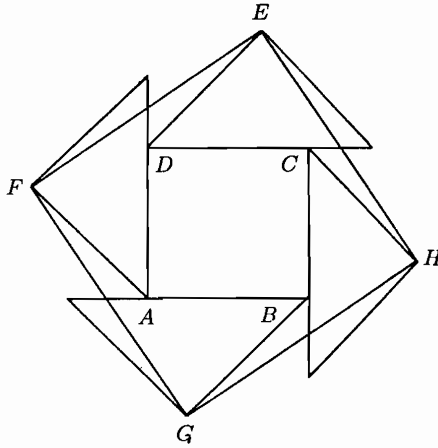
٦ ـ تحويلات مضلع إلى مضلع آخر.

٧ ـ بناءات في الفضاء (الفراغ).

٨ ـ بناءات على كُرات، وبشكل خاص بناءات قمم متعددي السطوح المنتظمة ونصف المنتظمة.

إن التقاليد العائدة إلى **السولباسوتراس** الهندية القديمة أثرت دون أدنى شك في هذين الكتابين، ويبدو أيضاً أن فيلسوف العرب يعقوب الكندي (ت ٨٧٣م) كان حلقة وصل بين هذه التقاليد من جهة، وأبي الوفاء والفارابي من جهة أخرى. وقد ضاعت مؤلفات الكندي، لكن المؤرخ العربي القفطي (١١٧٣ ـ ١٢٤٨م) وصف مؤلفاته: **كتاب في أعمال شكل الموسَّطَينْ وكتاب تقسيم المثلث والمربع وكتاب قسمة الدائرة بثلاثة أقسام**(٤).

وهناك بناءات أخرى في غاية الأهمية، وهي تقطيع المربع لمجموعة من عدة مربعات، وبالعكس. واحتوت **السولباسوتراس** أيضاً على مسائل من هذا النوع حُلت بواسطة مبرهنة فيثاغورس. فبوصفهما أساليب مختلفة لبناء مربع يعادل مجموع ثلاثة مربعات أخرى متطابقة فيما بينها، انتقد الفارابي وأبو الوفاء الطرق غير الملائمة المستعملة من قبل الصناع. وكانت إحدى الطرق التي اعتمدها المؤلفان لحل هذه المسألة تعتمد على تقطيع مربعين من المربعات المعطاة وفقاً لقطرها وعلى وضع المثلثات الأربعة، الناتجة عن التقطيع، بطريقة مجاورة للمربع الثالث، كما في الشكل رقم (١٤ ـ ٤). ومن ثم



الشكل رقم (١٤ ـ ٤)

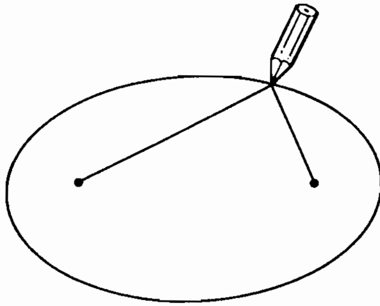
---

(٤) انظر: أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، تحقيق يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص ٣٧١.

كانت قمم المثلثات المقابلة لأضلاع هذا المربع توصل بخطوط مستقيمة، وكانت أجزاء المثلثات التي تتجاوز هذه الخطوط تُقطع وتُستَعمل لتكميل شكل المربع المنوي بناؤه.

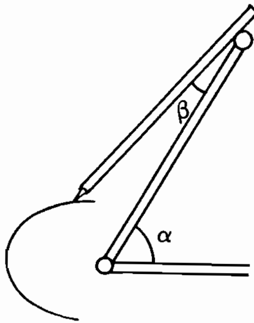
ويمكننا أيضاً ذكرُ بناء في الفضاء، نجد فيه أن ضلع المربع المبني يعادل قطر مكعب حافته مساوية لضلع المربع المعطى.

في كتابه **مقالة في رسم القطوع الثلاثة** بنى إبراهيم بن سنان بن ثابت (٩٠٨ - ٩٤٦م)، وهو حفيد ثابت بن قرة، قطوعاً مكافِئة (كما فعل الفارابي وأبو الوفاء)، وقطوعاً ناقصة وقطوعاً زائدة، وذلك بالتحديد البياني لعدد من نقاطها. واقترح مؤلفون آخرون بناءات متواصلة لقطوع مخروطية. فهكذا بنى الحسن، وهو أحد الإخوة بني موسى في مؤلفه **كتاب الشكل المدور المستطيل** قطوعاً ناقصة بالطريقة نفسها التي يستعملها البستانيون اليوم لرسم الأحواض الاهليلجية. والطريقة تقضي بأن يُربط حبل بمسمارين ويشد جيداً بمسمار آخر (الشكل رقم (١٤ ـ ٥))، وهذا الأسلوب مرتكز على التحديد (العصري) للقطع الناقص، والذي يقول إن مجموع المسافتين من أي نقطة من نقاطه إلى كل من البؤرتين، ثابت.



الشكل رقم (١٤ ـ ٥)

وتوصل ويجان القوهي (القرن العاشر ـ القرن الحادي عشر للميلاد) إلى تصميم آلة خاصة للبناء المتواصل لقطوع مخروطية. فللبركار التام، كما كان يسميه، ذراع ذو طول متغير بينما يُثبَّت الذراع الآخر مؤلِفاً زاوية ثابتة مع سطح الرسم (الشكل رقم (١٤ ـ ٦)). وعندما تُدار هذه الآلة، يُحدِد ذراعها الأول مساحة مخروطية، وتقاطُع هذه المساحة مع ذلك السطح يشكل قطعاً مخروطياً. فلنسمِّ الزاوية الثابتة α والزاوية الموجودة بين ذراعي البيكار β. فللقطع المخروطي حينئذٍ انحراف ε(excentricité): $\varepsilon = cos\alpha/cos\beta$. ففي حال $\alpha > \beta$ يكون القطع المخروطي إهليلجاً،



الشكل رقم (١٤ ـ ٦)

الصورة رقم (١٤ ـ ٢)

أبو سهل القوهي، في البركار التام

(القاهرة، مخطوطة المكتبة الوطنية، رياضة ٤١).

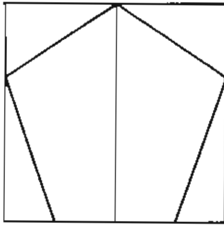
يدرس القوهي في هذا الكتاب إمكانية رسم المنحنيات المخروطية بهذا البركار، كما أنه يصوغ نظرية هذه المنحنيات إذا اعتبرت على وضع معلوم، وهي دراسة هندسية على مستوى عالٍ بالنسبة للعصر.

وفي حال $\alpha = \beta$ يكون قطعاً مكافئاً، وأخيراً في حال $\beta > \alpha$ يكون قطعاً زائداً؛ ولقد وصف القوهي هذه الآلة في مؤلفه في البركار التام والعمل به.

ولقد كُشف مُؤَخراً عن أن ابن سهل، وهو عالم رياضيات من بغداد، بنى نظاماً آلياً لرسم قطوع مخروطية بشكل متواصل(٥).

وتعمَّد المغربي الحسن المراكشي (ت ١٢٦٢م)، الذي عاش في القاهرة تكريس جزء من كتابه الموسوعي **كتاب جامع المبادئ والغايات** لبناء الأدوات الهندسية واستعمالها لبناءات هندسية، وأعطى في هذا الجزء وصفاً لعدد كبير من هذه البناءات.

وبين الأعمال العديدة المتعلقة ببناء المضلعات المنتظمة ذات السبعة أضلاع علينا التنويه بمؤلف **رسالة في عمل ضلع المسبع المتساوي الأضلاع في الدائرة** للقوهي، وبكتاب **مقالة في المسبع في الدائرة** لأبي علي ابن الهيثم. وكان بناء المضلع المنتظم ذي التسعة أضلاع يتم عادة بتثليث زاوية قدرها °60. وفي المجال نفسه نلحظ أيضاً **رسالة في عمل مخمس متساوي الأضلاع في مربع معلوم**. وفي هذا الكتاب يبني المؤلف مخمساً متساوي الأضلاع، لكنه غير منتظم. وهذا المخمس محاط بمربع بالطريقة التالية: القمة الأعلى للمخمس تقع على وسط الضلع الأعلى للمربع؛ وضلعا المخمس المتصلان عند هذه القمة ينتهيان على الأضلاع الجانبية للمربع؛ والقمتان الأُخريان توجدان على الضلع الأسفل للمربع (الشكل رقم (١٤ ـ ٧)). وهذه المسألة يُمكِن تحويلها إلى معادلة من الدرجة الرابعة، تُحل بواسطة تقاطع قطعين زائدين.



الشكل رقم (١٤ ـ ٧)

أسس الهندسة

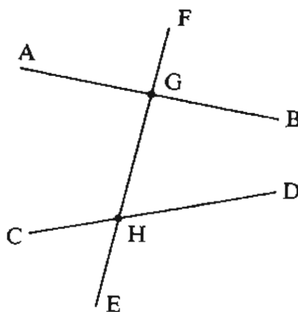
يقدم كتاب **الأصول** لإقليدس العرض الأول المنهجي المهم للهندسة القائم على تحديدات وموضوعات. نجد التحديدات في بداية معظم الكتب الثلاثة عشر التي تؤلف **الأصول**. وهكذا، في بداية الكتاب الأول يعطي إقليدس التحديدات لمختلف عناصر الهندسة المستوية: «١ ـ النقطة هي ما ليس له جزء. ٢ ـ الخط هو طول دون عرض... ٤ ـ الخط المستقيم هو خط قائم بالتساوي على نقاطه. ٥ ـ السطح هو ما ليس له غير الطول والعرض... ٧ ـ السطح المستوي هو سطح قائم بالتساوي على كل خطوطه المستقيمة»(٦).

---

(٥) انظر: Roshdi Rashed, «A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses,» *Isis*, vol. 81, no. 308 (September 1990), pp. 464-491.

(٦) انظر: Euclide, *The Thirteen Books of Euclid's Elements*, vols. 1 - 3, translated and commented by T. L. Heath (Cambridge: [n. pb.], 1926), vol. 1, p. 153.

ويحدد إقليدس أيضاً الزاوية وأنواعها؛ والشكل المستوي، والدائرة، مع مركزها وقطرها؛ والمضلع؛ وأنواع المثلثات ورباعيي الأضلاع؛ والخطوط المتوازية.



الشكل رقم (١٤ ـ ٨)

ويتابع الكتاب الأول تعداد الموضوعات التي من بينها يميز إقليدس «المصادرات» عن «المفاهيم العامة». وهذه الأخيرة تدعى غالباً موضوعات[٧]. فالمصادرات تعطي الخصائص الأساسية للبناءات الهندسية المرسومة بالمسطرة والبيكار التامين. المصادرتان الأولى والثانية تقولان إنه من الممكن رسم خط مستقيم بين نقطتين ما وأنه بالإمكان تمديد هذا الخط إلى ما لا نهاية. المصادرة الثالثة تنص على أنه بالإمكان رسم دائرة يكون مركزها أي نقطة مهما كان شعاع هذه الدائرة. وحسب المصادرة IV، فإن كل الزوايا المستقيمة متطابقة. والمصادرة V، وهي أصل نظرية الخطوط المتوازية (انظر الفقرة (٦) فيما يلي)، هي الأكثر تعقيداً. وهذه المصادرة تُقرَأ هكذا: «إذا كان خط مستقيم (EF كما في الشكل رقم (١٤ ـ ٨)) يتقاطع مع خطين مستقيمين (AB وCD) موجودين في المستوي، حيث يوجد الخط (EF)، وإذا كان هذا الخط يكوّن زوايا داخلية ومن جهة واحدة (BGH وGHD) أقل من زاويتين قائمتين، فإن الخطين (AB وCD) الممتدين إلى ما لا نهاية يتقاطعان من جهة (BD) التي تقع فيها الزاويتان الأقل من زاويتين قائمتين»[٨].

و«المفاهيم العامة» أو الموضوعات الحقة (الصادقة)، تجعل المقارنة بين الكميات ممكنة. وهذه الموضوعات هي التالية:

١ ـ الكائنات المساوية لنفس الكائن، تتساوى فيما بينها.

٢ ـ إذا أضفنا كائنات متساوية لأخرى متساوية، فإن الحواصل تكون متساوية.

٣ ـ إذا طرحنا كائنات متساوية من أخرى متساوية فإن الباقية متساوية.

٤ ـ الكائنات المتطابقة مع كائن (واحد) تكون متساوية.

٥ ـ الكل أكبر من الجزء[٩].

---

(٧) فيما يختص بنظام المصادرات والموضوعات، فالنسخات الموجودة عن **الأصول** (وأقدمها يعود إلى القرن التاسع) تحتوي على نصوص مختلفة. وعلى الأخص، وفي بعض المخطوطات، تسمى المصادرة الخامسة بالموضوعة الحادية عشرة. نتقيد هنا بنص ج. ل. هايبرغ (J. L. Heiberg) أواخر القرن التاسع عشر، والمقبول الآن بشكل عام.

(٨) انظر: المصدر نفسه، ج ١، ص ١٥٥.

(٩) المصدر نفسه.

ومن وجهة النظر الحديثة، فإن هذا النظام من المقدمات ما زال غير كافٍ لبناء الهندسة الفضائية المألوفة، أي التي وُضِعَت في كتاب **الأصول** لإقليدس والمسماة إقليدسية. ولم يتمكن علماء الرياضيات من تقديم نظام كامل لهذه الهندسة قبل بداية القرن التاسع عشر. وتقديم مثل هذا النظام اقتضى المراجعة التامة لكل نظام المقدّمات الإقليدسية، ولقد تسبب بهذه المراجعة اكتشاف الهندسة «الزائدية القطع» للوباتشفسكي (Lobachevski)، حيث يجري التسليم بكل موضوعات الفضاء الإقليدسي ما عدا المصادرة V؛ كما تسببت بهذه المراجعة هندسات أخرى «غير إقليدسية».

ولكن التحليل النقدي لتحديدات إقليدس ولموضوعاته يعود لعدة قرون. فلقد وسّع العلماء العرب نظرية عامة تتعلق بالكسور والتناسبات حلت محل النظرية التي ذُكِرَت في الكتاب الخامس من **الأصول**.

وكان العديد من علماء العصور القديمة والعصور الوسطى قد اهتم بشكل خاص بالمصادرة V منذ صياغتها بالطريقة المركبة التي رأينا عند إقليدس، مع الإشارة إلى ازدياد في هذا الاهتمام منذ البرهان المُعطى من قِبَل إقليدس للقضية العكسية (القضية ٢٨ من الكتاب الأول **لأصوله**[(١٠)] دون العودة إلى المصادرة. فمنذ العصور القديمة، حاول مؤلِفون، مدفوعون بتعقيد المصادرة V وعدم وضوحها، إقامة الدليل عليها كمبرهنة. سنتكلم فيما بعد عن هذه المساعي التي جرت في العصور القديمة وفي الرياضيات العربية؛ ولكن لنلاحظ منذ الآن، أن نصير الدين الطوسي (١٢٠١ ـ ١٢٧٤م)، أحد علماء الرياضيات العرب الذين درسوا هذه المسألة، اعتبر أن مراجعة أكثرُ جذرية لأنظمة «المفاهيم العامة» وللمصادرات باتت ضرورية. فقد ذكر في بداية كتابه **تحرير إقليدس** أنه تكلم أولاً عما هو ضروري: فمن المفروض أن توجد النقطة والخط والخط المستقيم والسطح المستوي والدائرة، وأن يمكن اختيار نقطة على خط أو على سطح ما، وأن نأخذ خطاً على أي سطح أو يكون ماراً بأيِ نقطة[(١١)]. وهكذا أوحى الطوسي بإكمال نظام المقدمات الأولية لإقليدس بموضوعات جديدة تتعلق بوجود النقاط والخطوط والخطوط المستقيمة وغيرها من الأشكال الهندسية التي حددها إقليدس في السطور الأولى من الكتاب الأول من **الأصول**.

وقد وُسعت أفكار الطوسي في مؤلف **كتاب تحرير الأصول لإقليدس** الذي نُشِر بالعربية (روما ١٥٩٤م) باسمه. إلا أن المؤلِّف الحقيقي قد أكمل الكتاب فعلاً في العام ١٢٩٨م، بعد أربع وعشرين سنة من وفاة الطوسي. ومن المؤكد أن هذا المؤلِّف كان ينتمي إلى مدرسة الطوسي، وكما يبدو كان واحداً من آخر تلامذته. ومن المرجح أن هذا المؤلِف هو ابن

---

(١٠) إذا قُطع مستقيمان بمستقيم ثالث بحيث تكون الزاويتان الداخلة والخارجة (أو أيضاً المتقابلتان) متساويتين فهذان الخطان متوازيان. (المترجم).

(١١) نصير الدين محمد بن محمد الطوسي، **تحرير إقليدس في علم الهندسة** (طهران: [د. ن.]، ١٢٩٢ هـ/ ١٨٨١م)، ص ٣.

الطوسي، صدر الدين الذي بعد وفاة والده، أخذ على عاتقه مسؤولية مرصد مَراغة. ومن المحتمل أن يكون الكتبة الذين أعادوا كتابة المخطوطة الأصلية، وعند إعداد الطبعة الرومانية، قد أسقطوا سهواً، وبسبب الشهرة الواسعة لنصير الدين الطوسي، الاسمين الأولين للمؤلف الحقيقي: صدر الدين ابن خواجه نصير الدين الطوسي. وبعد اقتناعهم بأن هذا المؤلف قد أُكمل بعد وفاة الطوسي، أطلق العلماء عليه إجمالاً اسم **شرح إقليدس للطوسي المزعوم**.

وبخلاف **تحرير إقليدس** للطوسي نفسه، فإن هذا الكتاب يصوغ، وبوضوح، الموضوعات المتعلقة بوجود الكائنات الهندسية، ويعتبر هذه الموضوعات كمصادرات جديدة؛ وبعد ذلك يُعطي البراهين على كل مصادرات إقليدس (نناقش البرهان على المصادرة V في الفقرة التالية «نظرية المتوازيات»). ونشير أيضاً إلى أن مصادرات وجود الكائنات وبراهين مصادرات إقليدس موجودة في القسم الهندسي من كتاب **درة التاج لغرّة الديباج** وهو عمل موسوعي عائد لقطب الدين الشيرازي (القرن الثالث عشر والرابع عشر)، وقطب الدين تلميذ للطوسي.

ويُعتبر ابن الهيثم، في كتابيه المكرسين لشرح **الأصول** والتعليق عليها وهما: **كتاب شرح مصادرات كتاب إقليدس في الأصول** وَ**كتاب في حل شكوك كتاب إقليدس في الأصول وشرح معانيه**، أولَ عالم رياضيات عربي عمل على صياغة المسألة المتعلقة بالكائنات الهندسية. واستناداً إلى كتابه الأول، ذكر ابن الهيثم في كتابه الثاني أنه قد تم التأكد، في مقدمة شروحاته، من الوجود الرياضي لكميات مثل المجسمات والمساحات والخطوط ومن أنها موجودة في عين الفكر وهذا الوجود كائن بغض النظر عن الأجسام الملموسة(١٢). وقد وضّح أن التمعن في وجود الأشياء هو شأن الفلاسفة أكثر منه شأن علماء الرياضيات(١٣). وتابع مؤكداً أن الأشياء الموجودة تقسم إلى فئتين: الأشياء التي توجد بالحواس، والأشياء التي توجد في المخيلة أو بالتجريد، لكن الأشياء التي توجد بالحواس غير قائمة حقيقة، لأن الحواس غالباً ما تخدع المراقب دون أن يتمكن من كشفها... بينما الأشياء الموجودة في المخيلة هي موجودة حقاً وعلى الإطلاق، لأن الشكل المُصاغ في الخيال حقيقي بما أنه لا يختفي ولا يتبدل(١٤).

نظرية المتوازيات

إن الأبحاث حول نظرية المتوازيات، التي سعت لبرهنة مصادرة إقليدس المتعلقة بالموضوع، قد لعبت دوراً هاماً واستثنائياً في تاريخ الهندسة. إن التعقيد الذي رافق صياغة

---

(١٢) انظر: أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **كتاب في حل شكوك إقليدس في الأصول وشرح معانيه**، صورة فوتوغرافية عن مخطوطة اسطنبول (فرنكفورت ـ أم ـ مان: [د. ن.]، ١٩٨٥)، ص ٧.

(١٣) المصدر نفسه، ص ٦.

(١٤) المصدر نفسه، ص ٢٠ ـ ٢١.

هذه المصادرة بالمقارنة مع غيرها ربما يدل على أنها أُضيفَت إلى الأخريات في وقت لاحق، ومهما يكن، فإن هذه المصادرة أو أي نص مكافئ، ضروريان لبرهنة عدد من المبرهنات التي تتعلق بالمثلثات الموجودة في الكتاب الأول من **الأصول**، وكذلك مبرهنة فيثاغورس التي تتوِج الكتاب الأول؛ ولهذا السبب تبدو تلك المبرهنة إلزامية لكل نظرية التشابه المشروحة في الكتاب السادس من **الأصول**. وأسلاف إقليدس أنفسهم فتشوا ظاهرياً، في القرن الرابع قبل الميلاد، عن مصادرة أكثر بديهية وأكثر إقناعاً لتشكل القاعدة لنظرية المتوازيات.

يمكننا الاعتقاد، وحسب ما قال أرسطو(١٥)، أنه في أيامه، وحتى قبل ذلك، سعى علماء لبرهنة هذه، أو تلك، من القضايا المُكافئة للمصادرة V. وليس مستحيلاً أن يكون أرسطو نفسه قد قدم عرضاً خاصاً لإحدى هذه القضايا. وعلى كل حال، ذكر عمر الخيام في كتابه **شرح ما أشكل من مصادرات كتاب إقليدس** أن سبب الخطأ الذي ارتكبه علماء لاحقون في برهان هذه المقدمة (مصادرة إقليدس الخامسة) يعود إلى أنهم لم يعيروا الانتباه للمبادئ المقتبسة عن الفيلسوف (أي أرسطو). وقد قدم عمر الخيام خمسة من هذه المبادىء:

«(١) يُمكن تقسيم الكميات إلى ما لا نهاية أي أنها لا تُقسم إلى أجزاء لا انقسامية؛ (٢) يمكن رسم خط مستقيم إلى ما لا نهاية؛ (٣) الخطان المستقيمان المتقاطعان ينفرجان ويتباعدان بابتعادهما عن رأس زاوية تقاطعهما؛ (٤) الخطان المستقيمان المتقاربان يتقاطعان ومن المستحيل على خطين مستقيمين متقاربين أن يتباعدا في نفس اتجاه تقاربهما؛ (٥) يمكن مضاعفة الكمية الصغرى من بين كميتين غير متساويتين ومحدودتين بحيث تتجاوز الكمية الكبرى»(١٦).

سنناقش فيما بعد مقولة أرسطو المتكافئة مع المبدأ ١. ونسلِّم أيضاً بأن أعماله تحتوي على المقولات المتكافئة مع المبادئ ٢ و٣ و٥. أما المبدأ ٤، أو بالأحرى، كل من بيانَيه، فهو متكافئ مع مصادرة إقليدس الخامسة ومن الممكن أن يكون أرسطو قد اقترح هذا المبدأ في مؤلف لم يصلنا. وحسب المصادرة V، فشرط التقاطع بين خطين مستقيمَين مرسومَيْن هو أن تكون مجموعة الزوايا الداخلية من جهة واحدة (الزوايا BGF وEHD على الشكل رقم (١٤ ـ ٨)) أقل من زاويتين مستقيمتين؛ بينما في الاقتراح المقابل في المبدأ ٤ فإن الخطيْن AB وCD يقتربان باتجاه B (أو D).

---

(١٥) انـظـر: Aristoteles, *The Works of Aristote*, translated into english under the editorship of W. D. Ross, 12 vols. (Oxford: Oxford University, 1928-1952), vol. 9, p. 65a.

(١٦) انظر: عمر الخيام، **رسائل الخيام الجبرية**، تحقيق وتحليل رشدي راشد وأحمد جبار، مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٣ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١)، ص ١١٩ ـ ١٢٠ و٤١ ـ ٤٢.

وعلى حدِ علمنا، أن العمل الأول، ما بعد إقليدس، المكرس لنظرية الخطوط المتوازية هو مقالة أرخميدس المفقودة «خطوط متوازية». فالمؤرخ العربي القفطي يذكرها تحت عنوان **كتاب الخطوط المتوازية** بين كتابات أخرى للعالِم متيسرة حينئذٍ في الترجمات العربية. حاول كل من بوزيدونيوس (Posidonius) (القرن الثاني ـ الأول قبل الميلاد) وبطلميوس (Ptolémée) (القرن الثاني للميلاد) وبروكلس (Proclus) (القرن الخامس) وأغانيس (Aghânis) وسمپليسيوس (Simplicius) (القرنان الخامس والسادس) برهنة المصادرة V. ونجد برهان أغانيس في التفسير الذي أعطاه عالم الرياضيات العربي النيريزي (ت ٩٢٢م) عن كتاب **الأصول** لإقليدس. بدأ كلُ من بوزيدونيوس وأغانيس بتحديد الخطوط المتوازية كخطوط موجودة على المسطح (أي المستوي) نفسه، تفصل بينها مسافة ثابتة (وحسب إقليدس، لا تتقاطع الخطوط المتوازية في مسطحها المشترك إذا رسمت في أحد الاتجاهين أو الآخر).

وبما أن احتمال وجود خطوط كهذه هو نتيجة المصادرة V وبعض من موضوعات أخرى من الهندسة الإقليدسية، كان لا بُد لمحاولات برهنة المصادرة أن تستعين ضمناً بقضية مكافئة لهذه المصادرة.

وفي الشرق العربي، يبدو أن عباس الجوهري، وهو معاصر للخوارزمي، كان أول من سجّل مأخذاً على المصادرة V. ففي كتابه **إصلاح لكتاب الأصول** افترض عباس الجوهري أنه بالإمكان، وعبر نقطة ما داخل الزاوية، رسم خط يتقاطع مع ضلعيها. وفيما بعد، استعان عدة هندسيين بهذا الإعلان لبرهنة المصادرة الخامسة. والواقع أن هذا الإعلان متكافئ مع تلك المصادرة، ولا يمكن برهنته بواسطة موضوعات إقليدس الأخرى.

بعد هذه المحاولة للجوهري ببضع عشرات من السنين، اقترح ثابت بن قرة برهانين مختلفين للمصادرة الخامسة. نجد أحد البرهانَين في مؤلفه **كتاب في أنه إذا وقع خط مستقيم على خطين مستقيمين فسيرى الزاويتين اللتين في جهة واحدة أقل من قائمتين فإن الخطين إذا أُخرجا في تلك الجهة التقيا** (بعض النسخ المخطوطة عن هذا المؤلف تحمل ببساطة العنوان: **مقالة في برهان المصادرة المشهورة من إقليدس**). ونجد البرهان الآخر في كتاب **مقالة في أن الخطين إذا أُخرجا إلى الزاويتين أقل من القائمتين التقيا**.

يرتكز برهانه الأول على الافتراض الذي يقول: إذا برسمهما باتجاه معين، تقارب خطان مقطوعان بخط ثالث (أو تباعدا)، فإنهما يتباعدان (أو يتقاربان)، توالياً، في الاتجاه الآخر.

وبواسطة هذه المقولة برهن ثابت بن قرة وجود متوازي الأضلاع، ومن هنا استنتج المصادرة الخامسة. نعلم الآن، وحسب الهندسة الزائدية القطع للوباتشفسكي التي أَبْعَدَت هذه المصادرة (على الرغم من احتفاظها بالموضوعات الأخرى للنظام الإقليدسي) أن هناك «خطوطاً متباعدة»، تتباعد الواحدة عن الأخرى في كل من الاتجاهين انطلاقاً من خطهما العمودي المشترك. وعلى العكس، ففي نهايات الهندسة الإهليلجية لريمان (Riemann)،

التي سلّمت بالمصادرة V وأهملت موضوعات أخرى من الهندسة الإقليدسية، فإنه أياً يكن الخطان المستقيمان، فهما يقتربان ويتقاطعان، هنا أيضاً في اتجاه ما وفي الآخر انطلاقاً من خطهما العمودي المشترك.

في مؤلفه الثاني، بدأ ثابت بن قرة بافتراض مختلف تماماً. فبالنظر إلى «حركة بسيطة»، أي حركة انسحاب منتظمة على امتداد خط مستقيم ما (انسحاب متوازٍ) لجسم ما (مثلاً، لقطعة مستقيمة عمودية على الخط)، اعتبر أن كل نقاط الجسم (أي القطعة) ترسم خطوطاً مستقيمة. ويستنتج وجود خطوط مستقيمة متساوية البعد. ومع ذلك، فإن افتراضه ليس صحيحاً، في الحقيقة، إلا في الهندسة الإقليدسية. في حين، وحسب الهندسة الزائدية القطع للوباتشفسكي، فإن النقاط المتحرِكة بالانسحاب على امتداد خط مستقيم ترسم أقواساً من خطوط منحنية، يُقال إنها متساوية البعد، أو ترسم «ملتقيات نقط» (أمكنة هندسية) واقعة على مسافة متساوية من الخطوط المستقيمة.

بافتراضه هذا، برهن ثابت بن قرة[١٧] على وجود المستطيل، واستنتج من هنا المصادرة الخامسة. ولنذكر أن المؤرخ والفلكي السوري ابن العبري، الملقب ببرهيبراوس (Bar Hebraeus) (١٢٢٦ - ١٢٨٦م) في كتابه التأريخي **مختصر تاريخ الدول** وعند تحريره للائحة الأعمال السريانية لثابت بن قرة، ذكر مؤلّفيه الاثنين عن الخطوط المتوازية[١٨]. فمن الممكن أن يكون ثابت بن قرة وقبل إقامته في بغداد، قد كتب أعماله بالسريانية في الأصل، ثم قام بنفسه فيما بعد بترجمتها إلى العربية.

ويُعطي ابن الهيثم فيما بعد استنتاجاً مبتكراً للمصادرة الخامسة في كتابه **شرح مصادرات إقليدس**. ويبدأ بدراسة حركة خط عمودي على امتداد خط مستقيم. وانطلاقاً من تبنيه مفهوم «الحركة البسيطة» التي ارتكز عليها ثابت بن قرة، برهن ابن الهيثم أن طرف الخط العمودي الذي يبقى طرفه الآخر على نفس الخط، يرسم خطاً مستقيماً. ويعلن أن كل نقاط الخط العمودي ترسم خطوطاً متساوية ومتشابهة، وبما أن طرف هذا الخط يتحرك على امتداد خط مستقيم، فإن الطرف الآخر يتحرك بالمثل. ولنذكّر مع ذلك (انظر أعلاه) بأن الفرضية القائلة بأن كل النقاط المتحركة بانسحاب على امتداد خط مستقيم ترسم خطوطاً متساوية ومتشابهة، هي مقولة متكافئة مع مصادرة إقليدس الخامسة.

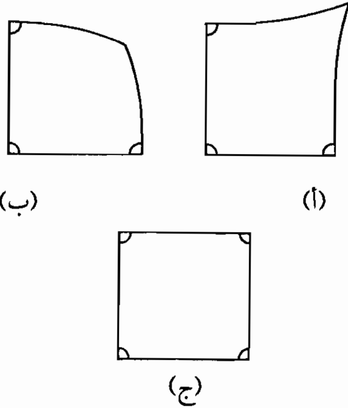
يكمن تجديد ابن الهيثم في إدخاله مضلعاً رباعياً فيه ثلاث زوايا قائمة. وقد استخدم

---

(١٧) انظر: Christian Houzel, «Histoire de la théorie des parallèles,» dans: Roshdi Rashed, ed., *Mathématiques et philosophie de l'antiquité à l'âge classique* (Paris: Editions du CNRS, 1991), pp. 163 - 179.

(١٨) انظر: G. Bar Hebraeus, *Gregorii Abulpharagii sive Bar-Hebraei Chronicon Syriacum,* noté par Paulus Iacobus Bruns; édité par Georgius Guilielmus Kirsch, 2 vols. (Lipsiae: Apud Adamum Friedericum Boehmium, 1789), p. 180.

ج. هـ. لامبرت (J. H. Lambert) (الذي أتينا على ذكره سابقاً) مثل هذا المضلع الرباعي فيما بعد في محاولة لبرهان المصادرة V. وبإمكان الزاوية الرابعة من «مضلع لامبرت الرباعي» أن تكون حادة أو منفرجة أو قائمة (الشكل رقم (١٤ ـ ٩)). وكان ابن الهيثم يرفض الاحتمالين الأولين مستخدماً مبرهنته القائلة إن النقطة القصوى للخط العمودي المتحرك ترسم خطاً مستقيماً. فبعد تقديم البرهان على وجود رباعي الأضلاع، يستنتج، بسهولة، المصادرة الخامسة. وبالفعل، فإن الفرضيتين المرفوضتين تشكلان مبرهنتين هندسيتين: الأولى من هندسة القطع الزائد، والثانية من الهندسة الإهليلجية.



الشكل رقم (١٤ ـ ٩)

ونذكر بشكل خاص أن ابن الهيثم، ببرهانه تقاطع خطين مرسومين على نفس الخط، الأول منهما عمودي والثاني مائل، قد صاغ فرضية مهمة اعتبرها بديهية. ففي العام ١٨٨٢م، قدم الهندسي الألماني م. پاش (M. Pasch) هذه الفرضية على أنها موضوعة أساسية: إذا مدّدنا بما فيه الكفاية خطاً مستقيماً موجوداً مع مثلث على مستوٍ واحد وإذا كان هذا الخط يتقاطع مع أحد أضلاع المثلث، فبتقديره، ان هذا الخط المستقيم سيتقاطع مع ضلع ثانٍ من المثلث أو أنه سيمر عبر القمة المقابلة للضلع الأول. وقد استخدم نصير الدين الطوسي الاقتراح عينه في نظريته المتعلقة بالخطوط المتوازية.

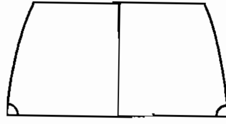
وهكذا، بمحاولتهما برهنة المصادرة V، ارتكب ثابت بن قرة وابن الهيثم، وكذلك أسلافهما في الواقع الخطأ المنطقي الذي لحظه أرسطو في «المصادرة على قول» (petitio principi).

لامس ابن الهيثم أيضاً نظرية الخطوط المتوازية في مؤلفه الثاني المكرس لشرح **الأصول** وهو **كتاب حل شكوك إقليدس في الأصول**. ومع ذلك فقد اكتفى في كتابه هذا بالإحالة إلى كتابه الأول، وبالملاحظة أنه بالإمكان استبدال المصادرة V بأخرى تكون أكثر حتمية وأكثر ملامسة لإدراكنا، وهي أنه لا يمكن لخطين مستقيمين متقاطعين أن يكونا موازيين لنفس الخط المستقيم[١٩].

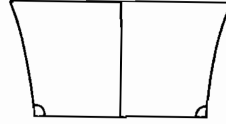
أما عُمر الخيام في القسم الأول من كتابه **شرح ما أشكل من مصادرات كتاب**

---

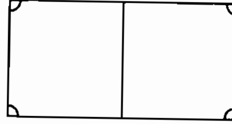
(١٩) ابن الهيثم، **كتاب في حل شكوك إقليدس في الأصول وشرح معانيه**، ص ٢٥.



(ب)



(أ)



(ج)

الشكل رقم (١٤ ـ ١٠)

إقليدس، فقد انتقد برهان ابن الهيثم واستبدله بآخر. رفض الخيام استعمال الحركات في الهندسة وبرهن المصادرة V بالاستناد إلى مصادرة أخرى واضحة اعتبرها أكثر بساطة، وهي المبدأ الرابع من الخمسة «المبادئ العائدة للفيلسوف» (أرسطو). وهكذا، تجنب الخيام الخطأ المنطقي الذي ارتكبه أسلافه. وفيما بعد، استخدم رباعي أضلاع له زاويتان قائمتان عند قاعدته وله أضلاع جانبية متساوية ودرس الاحتمالات الثلاثة الممكنة للزاويتين المتساويتين الباقيتين (الشكل رقم (١٤ ـ ١٠))؛ وقدم ج. ساكيري (G. Saccheri) (١٦٦٧ ـ ١٧٣٣م) رباعي الأضلاع ذاته، في نظريته عن الخطوط المتوازية؛ لذلك يدعى هذا الشكل غالباً باسم عالِم الرياضيات الإيطالي هذا). وكان ابن الهيثم، استناداً إلى مبدئه الذي أتينا على ذكره سابقاً، قد دحض إمكانية أن تكون تلك الزوايا حادة أو منفرجة وبرهن المصادرة الخامسة.

واندفع البيروني أيضاً في نظرية الخطوط المتوازية. وفي لائحة أعماله، التي جمعها بنفسه، نجد كتاب **مقالة في أن لوازم تجزيء المقادير إلى ما لا نهاية قريبة من أمر الخطين اللذين يقربان ولا يلتقيان في الاستبعاد**.

ويحتوي مقطع اكتُشف حديثاً من مؤلف البيروني على استدلال يعقوب الكندي، الذي، بارتكازه على وجود الخطوط المتوازية، برهن أنه بالإمكان تجزئة الكميات إلى ما لا نهاية؛ كذلك يضم المقطع أفكار المؤلف الخاصة عن المسألة، ولهذا السبب يُعتقد أن هذا المقطع ينتمي إلى المؤلف المذكور. وبما أن الخيام، وعند «برهانه» المصادرة الخامسة، قد استعمل المبدأ الرابع والأول لأرسطو، مرتكزاً على الكميات المتجزئة إلى ما لا نهاية، فإنه من المعقول الاستنتاج بأن الخيام كان على معرفة بأعمال الكندي والبيروني.

ولا شك بأن حسام الدين السالار (ت ١٢٦٢م) قد قرأ مؤلف الخيام. فلقد عمل أولاً في خوارزم، وبعد استيلاء المغول على هذا البلد، أكمل في بلاط جنكيزخان وخلفائه ومنهم هولاكوخان. كتب السالار **مقدمات لتبيان المصادرة التي ذكرها إقليدس في صدر المقالة الأولى في ما يتعلق بالخطوط المتوازية**. فيظهر من محاولته العرجاء لبرهان المصادرة V (التي ارتكب فيها خطأ جلياً) كما يظهر من برهانه لمبدأ أرسطو الثالث، الذي استخدمه الخيام، أن مؤلَّف هذا الأخير كان معروفاً من السالار.

كان نصير الدين الطوسي على علم هو أيضاً بمؤلف الخيام وربما أيضاً بعمل السالار. فلقد عمل مع السالار في مرصد مراغة، في بلاط هولاكوخان. وقد أعمل نصير الدين الطوسي فِكره في الخطوط المتوازية وذلك من خلال عملين، الأول: **الرسالة الشافية عن شك في الخطوط المتوازية** المكرس خصيصاً لهذه النظرية، والثاني: **شرح إقليدس**، وهذا الأخير هو في الحقيقة عرض لِ **أصول** إقليدس مع زيادات مهمة عائدة للمؤلف. وفي كل من المؤلفين استخدم الطوسي، كالخيام، «رباعي أضلاع ساكيري (Saccheri)» ودرس الفرضيات الثلاث المتعلقة بزواياه العليا. وفي **الرسالة الشافية عن شك**. . . ، وقبل أن يعرض برهانه الخاص للمصادرة V، يستعرض الطوسي نظريات الخطوط المتوازية التي وسعها الجوهري وابن الهيثم والخيام. ويدل بشكل صحيح على نقطة الضعف في برهان الجوهري. إن الطوسي لم يقرأ البرهان المُعطى من قبل ابن الهيثم في **شرح مصادرات إقليدس**. وهو لم يعرف سوى **كتاب حل شكوك إقليدس في الأصول** حيث لم يجد إلا ذِكراً للمرجع الأول. لذلك كان الطوسي يعرف أن ابن الهيثم استخدم الحركة لبرهان المصادرة V. بيد أنه استنتج خطأً أن برهان الكتاب الأخير يرتكز على المقولة: «خطان مستقيمان متقاطعان لا يمكن أن يكونا موازيين لنفس الخط»؛ وانتقد ابن الهيثم لعدم استنتاجه المصادرة V من هذه المقولة.

وكذلك لم يكن الطوسي يعرف مؤلف الخيام بأكمله. فقد وصف القضايا التي قدمها الخيام دون ذكر «مبادئ الفيلسوف» (أرسطو (المترجم)) الخمسة ومن بينها مبدأ متكافئ مع المصادرة الخامسة. وأخذ على الخيام ارتكابه خطأً منطقياً عند برهان هذه المصادرة. وكما رأينا، لم يكن هذا الانتقاد عادلاً.

ويتابع الطوسي عارضاً برهانه الخاص للمصادرة V. وكما يذكر هو نفسه، فإنه استعار بعضاً من القضايا من الخيام. إضافة إلى ذلك، عرض مرتين كلاً من القضيتين الأخيرتين من البرهان؛ والصيغة الثانية من هذه الإعادة ترجع إلى الجوهري. وخلافاً للخيام، وفي مؤلفه **الرسالة الشافية**. . . ، لم يستخدم الطوسي مصادرة مكافئة لمصادرة إقليدس الخامسة؛ وكغيره من الهندسيين السابقين، ارتكب خطأً يتعلق بالـ «petitio principi» («مصادرة على قول»). وقد نبه علم الدين قيصر الحنفي إلى هذا الخطأ في رسالة وجهها للطوسي. وعلى الأثر بدأ الطوسي، وهو ينقل برهان المصادرة الخامسة من **الرسالة**

الشافية. . . . إلى كتاب **تحرير إقليدس**، بإعلان مصادرة شبيهة بالتي استخدمها الخيام، لكنها أقوى منها (استبعدت مصادرةُ الخيام حالةَ هندسة القطع الزائدة بينما استبعدت مصادرةُ الطوسي في وقت واحد الهندسة الإهليلجية والهندسة زائدية القطع). وهكذا تُقرأ مصادرة الطوسي: «إذا تباعدت خطوط مستقيمة، متواجدة في مستوٍ واحد، في اتجاه، فليس بإمكانها التقارب في هذا الاتجاه إلا إذا تقاطعت»[٢٠].

أما في مؤلف **شرح إقليدس** المنسوب خطأً للطوسي، والذي كتبه أحد أعضاء مدرسته، فقد استُخدِم بيان آخر بدل المصادرة. وهذا البيان مستقل عن المصادرة V وسهل البرهان. ومع ذلك، وفيما بعد، ارتكب هذا «الطوسي» المزعوم خطأ «المبدأ الصغير». لكنه راجَعَ بصورة أساسية وفي وقت واحد نظام الموضوعات والمصادرات الإقليدسية والبراهين على عدة قضايا من كتاب **الأصول**.

ولقد أثر كتابه المنشور في روما بشكل واسع على التطور اللاحق لنظرية المتوازيات. وبالفعل، فقد ضمّن ج. واليس (J. Wallis) (١٦١٦ ـ ١٧٠٣م) مؤلفه الخاص **حول المصادرة الخامسة والتحديد الخامس من الكتاب السادس لإقليدس** (*Du cinquième postulat et de la cinquième définition du livre VI d'Euclide,* 1663)، ترجمةً لاتينيةً لبرهان المصادرة V من كتاب **شرح إقليدس**. وذكر ساكيري هذا البرهان في كتابه **إقليدس المخلَّص مِن كل خطأ** *(Euclide débarassé de toute erreur)* المنشور عام ١٧٣٣م، ويبدو محتملاً أنه اقتبس فكرة استخدام الفرضيات الثلاث المتعلقة بالزوايا العليا من «رباعي أضلاع ساكيري» من هذا الطوسي المزعوم. وكان هذا الأخير قد أدخل في أعماله عرضاً عن هذا الموضوع مأخوذاً من الطوسي ومن الخيام.

وقد أعطى قطب الدين الشيرازي أيضاً برهاناً آخر للمصادرة الخامسة في القسم الهندسي من مؤلفه الموسوعي المذكور سابقاً[٢١]. لكنه، ومثل علماء آخرين، ارتكب خطأ «المصادرة على قول».

كان الشيرازي، بعرضه لعدد معين من المواضيع، وخاصة بصياغته للمصادرات، أقرب إلى **شرح إقليدس** للطوسي المزعوم منه إلى الأعمال الخاصة التي تحمل الاسم عينه للطوسي.

وهكذا، وخلال أربعة قرون على الأقل، استحوذت نظرية المتوازيات على اهتمام علماء الرياضيات في الشرقين الأوسط والأدنى. وتكشف كتابات هؤلاء العلماء عن تواصل في الأفكار. وقد أتى ثلاثة علماء وهم ابن الهيثم والخيام والطوسي بالإسهام الأهم لهذا الفرع من الهندسة، الذي لم تُعرَف أهميتُه بالكامل سوى في القرن التاسع عشر.

---

(٢٠) الطوسي، **تحرير إقليدس في علم الهندسة**، ص ٤.

(٢١) قطب الدين الشيرازي، **كتاب درة التاج لغرّة الدبياج**.

والشيء الأساسي هو أن افتراضاتهم عن خصائص رباعيي الأضلاع، التي درسوها بافتراض أن بعضاً من زواياها حادة أو منفرجة، تحتوي على المبرهنات الأولى «لهندسة القطع الزائد» وللهندسة الإهليلجية. وبرهنت افتراضاتهم الأخرى أن كثيراً من المقولات الهندسية كانت متكافئة مع مصادرة إقليدس الخامسة. هذا، وتجدر الإشارة إلى الأهمية القصوى لكون هؤلاء العلماء قد أقاموا ربطاً متبادلاً بين هذه المصادرة ومجموع الزوايا في المثلث وفي رباعيي الأضلاع.

ومن خلال أعمالهم في نظرية المتوازيات، مارس علماء الرياضيات العرب تأثيراً مباشراً على أعمال نظرائهم الأوروبيين في الميدان نفسه. فبمراجعته **كتاب المناظر** لابن الهيثم، قام العالم البولوني ويتلو (Witelo) في القرن الثالث عشر بالمحاولة الأوروبية الأولى لبرهنة مصادرة المتوازيات، وهذه المحاولة مستوحاة من دون شك من مصادر عربية. وفي القرن الرابع عشر، أعطى العالمان اليهوديان، ليفي بن جرسون (Levi ben Gerson)، الذي عاش في جنوب فرنسا، وألفونسو الإسباني، الذي ذكرناه سابقاً، براهين تصبُ مباشرة في سياق براهين ابن الهيثم. وقد سبق أن أشرنا سابقاً إلى أن **شرح إقليدس** المنسوب زعماً إلى الطوسي، قد نشّط دراسات ج. واليس وج. ساكيري المتعلقة بنظرية المتوازيات. ولا شك في أن التطابق في طرح الفرضيات المتعلقة بزوايا المربع التي طرحها العلماء الشرقيون في القرون الوسطى من جهة، وكما طرحها ساكيري ولامبرت من جهة أخرى، هو تطابق له دلالته كما أن له أهميته البالغة.

التحويلات الهندسية

يعود استخدام الحركات الميكانيكية في علم الهندسة إلى العصور القديمة. ولقد أشرنا إلى مثل هذا الاستخدام في القرون الوسطى في سياق تناولنا لأعمال ثابت بن قرة وابن الهيثم والخيام التي عالجت «برهان» المصادرة الخامسة. وكان استخدام الحركة والتطابق موجوداً في خلفيات براهين القضايا التي قدمها طاليس، في الوقت الذي لم تكن فيه الموضوعات والمصادرات قد صيغت بعد. وهكذا، استخدم الفيثاغوريون الحركة. ونظروا إلى الخط على أنه رسم لنقطة متحركة.

بيد أن أرسطو قد انتقد استخدام الحركة في المبرهنات الرياضية، وحاول إقليدس بوضوح تقليص عدد الحالات التي «تتطابق» فيها الرسوم؛ لكن، على الرغم من جهوده، لم يتمكن من استبعادها كلياً. وقد برر أرسطو رأيه بالإعلان عن أن النقطة تجريد بدرجة أرفع من الخط؛ وتجريد الخط أرفع من تجريد السطح وكذلك فالسطح أرفع من الجسم. وارتأى بالمناسبة استنتاج التجريدات الأقل درجة من التجريدات الأرفع منها.

كان تأثر الفارابي بأرسطو قوياً. فلقد استعاد الفكرة عينها في كتابه **شرح المستغلق من**

مصادرة من المقالة الأولى والخامسة من **إقليدس**. وعند تعرضه للمقطع الذي يعطي فيه إقليدس تحديداته للنقطة وللخط وللسطح وللجسم، يشير الفارابي إلى أنه يجب أن تبدأ المعرفة بدراسة الجسم المادي ويُنتقل بعد ذلك لدراسة الأجسام وهي منفصلة عن الأحاسيس المرتبطة بها، وبعدها إلى المسطحات، وأخيراً إلى الخطوط والنقاط(٢٢).

وحافظ الفارابي على مواقف أرسطو عند تحليله للتحديدات الأخرى الموجودة في الكتابين الأول والخامس من **الأصول**. وانطلاقاً من وجهة النظر عينها، اكتشف الخيام خطأً في البرهان المقدم على المصادرة V من ابن الهيثم فهو يتساءل: «. . . أية نسبة بين الهندسة والحركة وما معنى الحركة»، ويتابع مؤكداً رأي علماء سابقين بأنه ليس هناك من شك في أن لا وجود لخط ما سوى على سطح، ولا وجود لسطح سوى على جسم، وأنه لا بد للخط من التواجد على جسم ما، وعليه، فلا يمكن لخط أن يستبق سطحاً. فكيف إذاً باستطاعة هذا الخط التحرك مفصولاً عن مسببه؟ وكيف يمكن الخط أن يتكون من حركة نقطة في الوقت الذي جوهره ووجوده يسبقان فيه جوهر، ووجود، النقطة؟(٢٣).

وعلاوة على الحركة، استخدم علماء الرياضيات في العصور القديمة تحويلات هندسية أكثر عمومية. فكان استدلال ديموقريطس (Démocrite) على تطابق حجم الأهرامات ذات القاعدات والارتفاعات المتساوية يرتكز على حالة خاصة من التحويل التآلفي أو الأفيني (Affine)، وهو الانزلاق، حيث كل نقاط قاعدة الهرم تبقى ثابتة والسطوح الموازية للقاعدة تتغير حسب بُعْدِها عن هذه الأخيرة.

احتسب أرخميدس في مؤلفه حول **الكرويات والمخروطيات** *(Des sphéroïdes et conoïdes)*، مساحة الإهليلج بواسطة تحويل تآلفي آخر وهو تقليص دائرة بالنسبة إلى قطر منها.

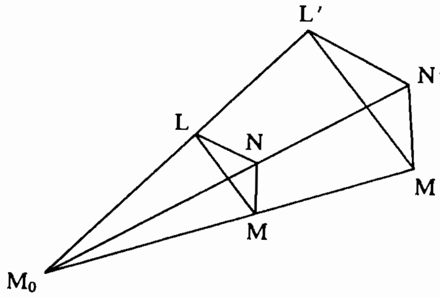
واستخدم أبولونيوس (Apollonius) أيضاً تحويلاً تآلفياً آخر، وهو التحاكي (Homothétie) (التشابه المركزي) والتعاكس بدائرة، في مؤلفه **في الأمكنة الهندسية في المستوي** *(Des lieux géométriques)*. فالتحاكي هو تحويل في مستوٍ حيث كل نقطة M تتحول إلى النقطة M' من الخط المستقيم M_0M' على الشكل التالي: $M_0M' = k.M_0M$، حيث M_0 هي مركز التحاكي وk هي نسبته (الشكل رقم (١٤ ـ ١١)). وبالتعاكس بدائرة، كل نقطة M في المستوي تتحول إلى النقطة M' من الخط المستقيم M_0M على الشكل التالي: $M_0M' = r^2/M_0M$ حيث النقطة M_0 هي مركز التعاكس وr شعاع دائرة التعاكس (الشكل

---

(٢٢) Abu Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad Al-Fārābī, *Al-Rasā'il al-riyāḍiyya (Matematicheskie Traktaty)*, traduction russe et édition de A. Kubesov et B. A. Rosenfeld (Alma-Ata: [s. n.], 1973), p. 239.

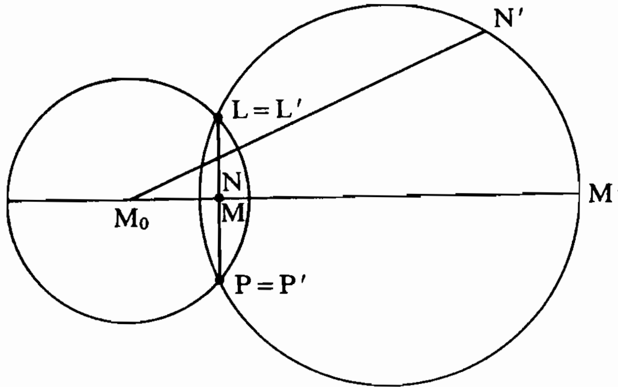
(٢٣) الخيام، **رسائل الخيام الجبرية**، ص ١١٥ـ١٣٨.

رقم (١٤ ـ ١٢)). يحول التحاكي الخطوط المستقيمة إلى خطوط مستقيمة والدوائر إلى دوائر، والتعاكس يغير الخطوط المستقيمة والدوائر إلى دوائر إلا تلك التي تمر بمركز التعاكس والتي تتحول إلى خطوط مستقيمة.



الشكل رقم (١٤ ـ ١١)

كان أبولونيوس على علم بكل هذه المعطيات وبرهن أن ملتقيات النقاط (الأمكنة الهندسية) في المستوي (loci) تتحول إلى ملتقيات نقاط في المستوي. و«loci» هي الكلمة التي استخدمها للدلالة على المستقيمات والدوائر. وبالفعل، ففي القضية (١، ٣٧) من كتابه **المخروطات**، لم يعالج أبولونيوس التعاكس بدائرة فحسب، وإنما أيضاً بإهليلج وبقطع زائد، أي التحويلات للنقاط M من مستوٍ معطى إلى M' وهي نقاط التقاء خطها المستقيم القطبي مع قطرِ القَطْعِ المخروطي المناسب المار بـ M. وفي القضايا (١، ٣٣) و(١، ٣٥) يتعرض إلى تعاكس بقطعٍ مكافئ.



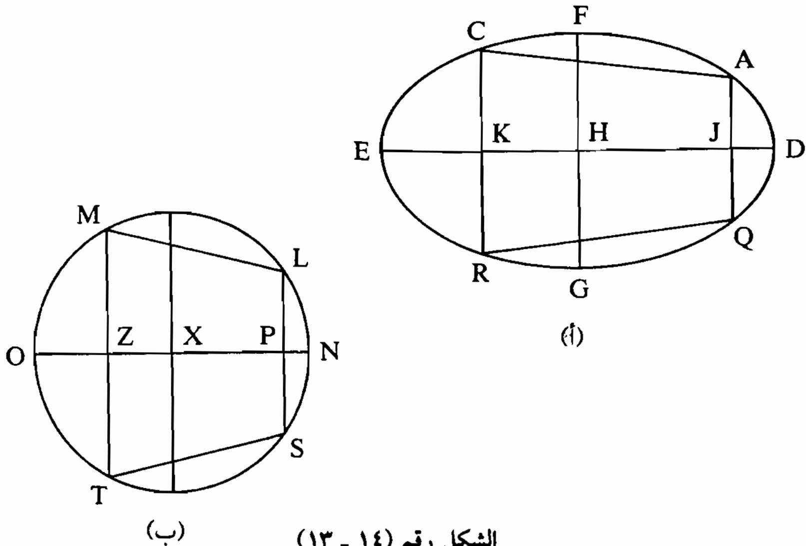
الشكل رقم (١٤ ـ ١٢)

إن التحويلات التآلفية في مستوٍ أو في الفضاء هي تحويلات لهذه الكائنات تتحول بها

الخطوطُ المستقيمة إلى خطوط مستقيمة (وهذه التحويلات تكون تقابلية، تحول خطوطاً متوازية إلى خطوط متوازية). والحركات والانزلاقات المستعملة من قبل ديموقريطس، والتقلصات أو التمددات المُباشَرة المستعملة من قبل أرخميدس، والتقلصات أو التمددات المائلة حيث تتحرك النقاط على امتداد خطوط مستقيمة غير متعامدة مع المحور أو مع المستوي الثابت، والتحاكيات، كلها تشكل حالات استثنائية للتحويلات التآلفية. كل تحويل تآلفي يحفظ نسب مساحات الأشكال المسطحة وأحجام المجسمات. وإذا، بالإضافة إلى ذلك، بقيت المساحات والأحجام على حالها، كما في الحركات والانزلاقات على سبيل المثال، فإن التحويل المتآلف (أو التآلفي) الموافق يدعى تقايساً (Isométrie).

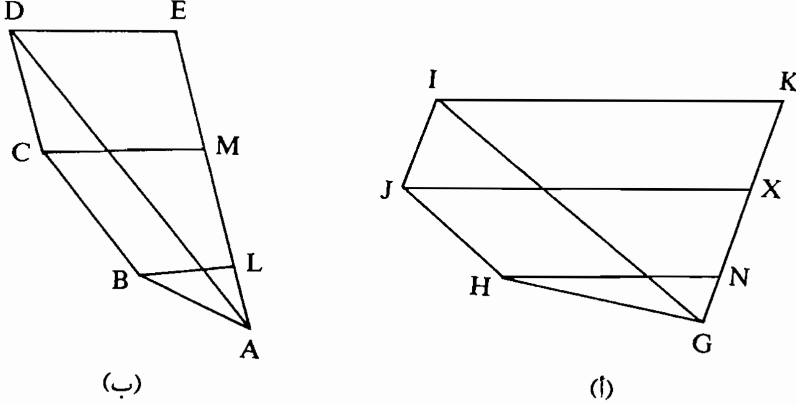
استعان ثابت بن قرة وحفيده إبراهيم بن سنان بالتحويلات التآلفية وبالتقايسات المألوفة. وقد بنى هذا الأخير في مؤلفه **مقالة في رسم القطوع الثلاثة** قطوعاً ناقصة بواسطة التقلص المباشر للدوائر. وبنى أيضاً قطوعاً زائدة متساوية الأضلاع وأخرى اختيارية، وذلك بالحصول على الكثير من نقاطها انطلاقاً من النقاط الموافقة من الدائرة (يمكن الحصول على قطوع زائدة كيفية بعمليات تقلص مباشرة لقطوع زائدة متساوية الأضلاع).

وعالج ثابت بن قرة التقايسات التي تحول إهليلجاً نصف ـ محاوره a وb إلى دائرة شعاعها $\sqrt{ab}$ وذلك في كتابه **كتاب في قطوع الأسطوانة وبسيطها**. وبرهن أن قطعات من الإهليلج تتحول بواسطة هذا التحويل إلى قطعات بنفس المساحة من الدائرة الموافقة. والشكل رقم (١٤ ـ ١٣) ينقل أحد الرسوم التي بينت هذه المبرهنة.



الشكل رقم (١٤ ـ ١٣)

وأخيراً، لنلاحظ أن إبراهيم بن سنان استعمل في مؤلفه كتاب **في مساحة القطع المكافئ** تحويلاً تآلفياً لمضلعات ولمقاطع من قطع مكافئ اختياري. ففي القضية الأولى تعرض لمضلعين $ABCDE$ و$GHJIK$، كلُ واحد منهما صورة للآخر بواسطة تحويل تآلفي (الشكل رقم (١٤ ـ ١٤))، وبرهن أن نسبة مساحة أول مضلع إلى مساحة الثاني تساوي نسبة مساحات المثلثين المحاطين ADE وIKG.



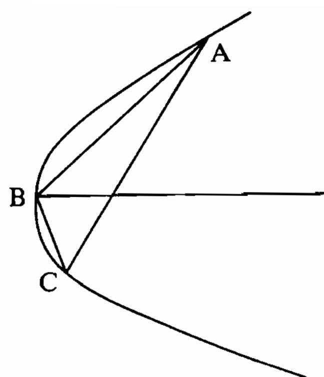
الشكل رقم (١٤ ـ ١٤)

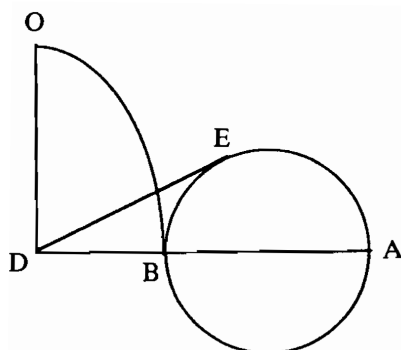
وفي القضية الثانية، وسع ابن سنان بيانه ليشمل مقاطع من قطوع مكافئة (انظر الفصل الثالث عشر: التحديدات اللامتناهية في الصغر. . .).

منذ عهد قريب برهن كل من إيرينا أ. لوثر (Irina O. Luther) وصديقجان أ. ڤاهابوڤ (Sadiqjân A.Vahabov) وغيرهما، أن إبراهيم بن سنان بن ثابت بن قرة والبيروني تطرقا في أعمالهما إلى التحويلات الإسقاطية التي تحول الدائرة إلى قطوع مخروطية. وفي كتابه **مقالة في رسم القطوع الثلاثة** اقترح إبراهيم بن سنان بناء قطع زائد متساوي الأضلاع «بواسطة دائرة» بالطريقة التالية: إذا رسمنا المماس المار بنقطةٍ ما E من الدائرة AEB (الشكل رقم (١٤ ـ ١٥)) والتقى هذا المماسُ وقطر الدائرة AB عند النقطة D ومن هذه الأخيرة رفعنا الخط العمودي DO على الخط AB بحيث يكون $DO = ED$، فإن O تُعتبر نقطة من القطع الزائد. وإذا اعتبرنا أن معادلة الدائرة هي: $x^2 + y^2 = a^2$ حيث القطر AB هو المحور Ox، فمعادلة القطع الزائد الناتج عن التحويل تكون: $x^2 - y^2 = a^2$ وهذا التحويل الإسقاطي مُعطى بالمعادلات:

$$x' = \frac{a^2}{x} \quad و \quad y' = \frac{ay}{x}$$

وهو تحويل ارتدادي (Involutif) مركزُه A ومحوره مماس للدائرة عند النقطة B.



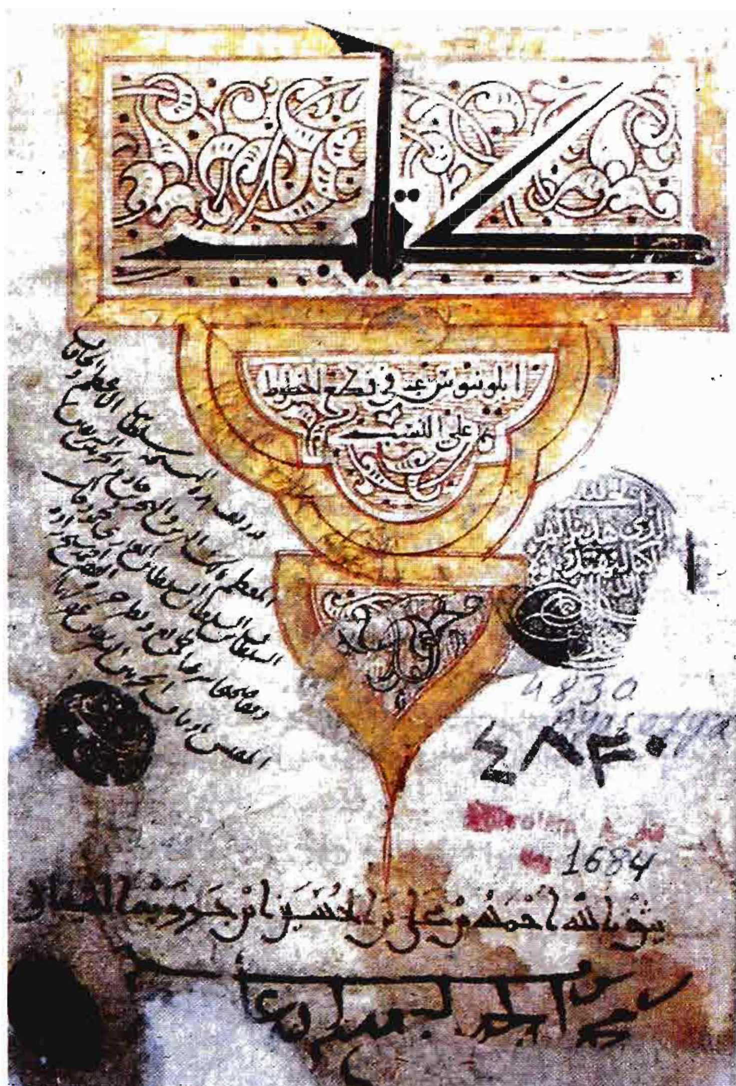


الشكل رقم (١٤ ـ ١٥)

وباستبداله الخط العمودي $DO = ED$ بخطوط لها نفس الطول ومرسومة تحت زاوية ثابتة، حصل ابن سنان على قطع زائد مشترك هو الناتج عن الدائرة المعطاة بعملية تركيب التناظر الارتدادي والتحويل التآلفي؛ ولهذا القطع الزائد نفس المعادلة، لكن بإحداثيات مائلة. وللحصول على قطع زائد عادي من آخر متساوٍ، استخدم ابن سنان تقلص القطع الزائد حسب القطر AB والمشابه لتقلص الدائرة إلى إهليلج، وقد استخدم هذا التقلص في الكتاب عينه.

واقترح الفارابي وأبو الوفاء عدداً من البناءات المرتكزة فعلاً على التحاكي. وكرس القوهي واحدة من مسألتيه المعروفتين «مسألتان هندسيتان» ليبرهن أن هذا التحويل يحول الدوائر إلى دوائر.

وبمرور القرن العاشر، فقدت التحولات الهندسية ـ باستثناء تلك التي كانت ضرورية لبناء الأسطرلابات وغيرها من الأدوات الفلكية ـ الكثير من أهميتها. ففي أوروبا، ظهرت التحويلات التآلفية العامة أولاً في القرن الثامن عشر في أعمال أ. ك. كليرو (A. C. Clairaut) ول. أولير (L. Euler). وخلال القرن التالي، وُضِعَتْ نظرية هذه التحويلات، وكذلك نظرية التحويلات الإسقاطية الأكثر عمومية في المستوي وفي الفضاء، كما وُضِعَت نظريات التحويلات المتعاكسة لموبيوس (Möbius) في المستوي أو في الفضاء (التعاكسات في الدوائر أو في الكرات تولد هذه التحويلات).



الصورة رقم (١٤ ـ ٣)
أبولونيوس، **في قطع الخطوط على النسب**
(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٤٨٣٠).
لم تبقَ إلا الترجمة العربية لهذا الكتاب بعد أن فُقد الأصل اليوناني، وقد نقل من العربية إلى اللاتينية في القرن السابع عشر.

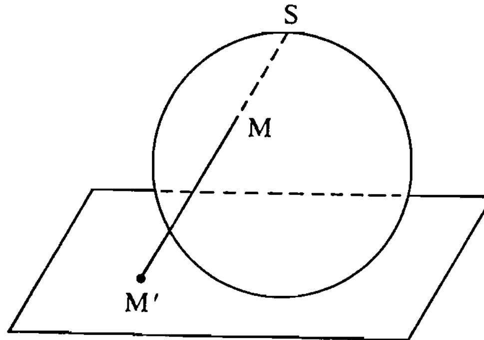
الإسقاطات

تآلف قدامى الإغريق مع إسقاط سطح (أو مستوٍ) على سطح آخر. وهذه الممارسة هي من خلفيات مفهوم التحويل الإسقاطي المذكور آنفاً. ويذكر المهندس المعماري الروماني ڤيتروف (Vitruve) (القرن الأول) ثلاثة أنواع من الإسقاطات المستعملة في عصره: الإسقاطات الأفقية والعمودية للبناءات (ichnographie et orthographie) والصور المعروضة في تزيينات المسارح (scénographie).

وفي مؤلفه *Analemma*، كان ديودور (Diodore) (القرن الأول قبل الميلاد) قد أسقط الكرة السماوية عمودياً على مستوٍ، وكذلك فعل بطلميوس في كتاب يحمل العنوان نفسه. وتحتوي الأعمال الجغرافية لإيراتوستين (Eratosthène) وأعمال بطلميوس في الموضوع ذاته، على إسقاطات عديدة للجزء المسكون في الأرض على مستوٍ.

في كتاب **تسطيح الكرة** *(Planisphère)* لبطلميوس، نجد إسقاطاً تجسيمياً للكرة على مستوٍ، أي إسقاطاً للكرة انطلاقاً من إحدى نقاطها، وهذا الإسقاط يكون إما على مستوٍ مماس للكرة في النقطة المقابلة للنقطة المُنتقاة، وإما على مستوٍ موازٍ لهذا الأخير (الشكل رقم (١٤ ـ ١٦)). وربما عرف بطلميوس أن الدوائر المارة بمركز الإسقاط كانت تتمثل بخطوط مستقيمة، أما دوائر الكرة الأخرى فتتمثل بدوائر. وباستطاعتنا أن نبرهن الشيء نفسه (عرَضاً) بواسطة القضية (١، ٥) من **مخروطات** أبولونيوس فيما يتعلق بمجموعتين من القطوع الدائرية لمخروط دائري مائل، ومن الممكن أن يكون أبولونيوس نفسه قد عَرف خاصية الإسقاط التجسيمي هذه.

ونَهج علماء الرياضيات العرب النهج نفسه بتمثيلهم المنظّم للرسوم المجسّمة بواسطة

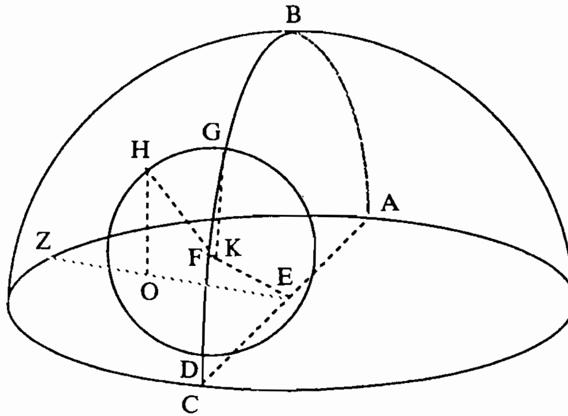


الشكل رقم (١٤ ـ ١٦)

الإسقاطات المتوازية، وخاصةً الإسقاط العمودي؛ فقد عرف حبش الحاسب (منتصف القرن التاسع للميلاد) جيداً كما عرف البيروني الأساليب التي وصفها ديودور في كتابه *Analemma* واستخدماها لتحديد وجهة القِبلة (اتجاه مكة الذي يدير المسلمون وجوههم نحوه عند الصلاة). وقد عرض البيروني أعمال حبش الحاسب حول هذه المسألة في رسالة خاصة موجهة إلى صديقه أبي سعيد السجزي. وكذلك عرض حلوله لهذه المسألة في مؤلفه كتاب **تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن** المسمى عادة **علم مساحة الأرض** *(Géodésie)*، كما عرضها أيضاً في مؤلفه **القانون المسعودي**. وقد أعطى ابن الهيثم حلاً شبيهاً لهذه المسألة في كتابه **قول في استخراج سَمت القِبلة**.

وسنصف تسلسل أفكار البيروني في كتابه **القانون المسعودي**، الذي يبدو مهماً من حيث طرقه الهندسية. يقوم حل البيروني بشكل خاص على تحديد سمت مكة على الكرة السماوية، وعلى بناء إسقاطه العمودي على مستوي أفق المدينة المذكورة. ومن ثم بناء الخط المستقيم الذي يصل هذه النقطة مع مركز دائرة الأفق، أي الإسقاط العمودي لسمت هذه المدينة على مستوي الدائرة المذكورة، وهذا ما يحدد اتجاه القِبلة بالنسبة إلى هذه المدينة.

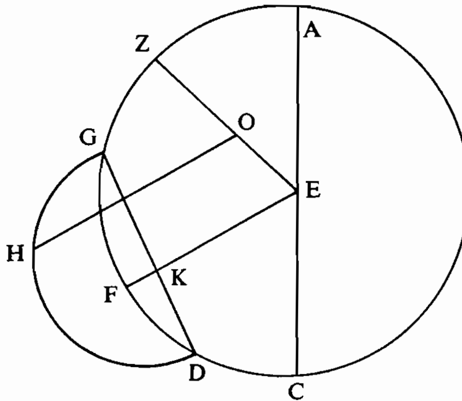
وقبل إعطاء الحل الصحيح، نفذ البيروني البناء الذهني التالي على الكرة السماوية. لتكنْ AZC دائرة أفق المدينة وB مركزها، وليكن أيضاً AEC قطر دائرة خط الزوال أو خط التنصيف (Méridienne)، حيث A نقطة الجنوب وC نقطة الشمال، بحيث تكون ABC نصف دائرة خط الزوال المرتكز على مستوي الأفق (الشكل رقم (١٤ ـ ١٧)). وبقياسنا للقوس CF المساوي لخط عرض المدينة على دائرة الزوال، نحدد النقطة F وهي قطب الكون. وفضلاً عن ذلك، إذا كانت القوس FG المساوية لمتمم خط العرض المار



الشكل رقم (١٤ ـ ١٧)

بمكة قد قيست على امتداد الدائرة ذاتها، تكون النقطة G على الدائرة النهارية لسمت مكة. ومركز هذه الدائرة، وهو النقطة K، ليس سوى موقع العمود المُسقَط من G على قطر الكرة EF. وببنائه الذهني للدائرة النهارية GHD، حدد البيروني سمت مكة H معتبراً إياه النقطة من الشعاع KH لهذه الدائرة (KH مُوازٍ لشعاع خط الاستواء السماوي) بحيث تكون المسافة الزاوية إلى خط الزوال تساوي الفارق بين خطي طول المدينة المعطاة ومكة(٢٤).

وبعد تحديده لسمت مكة، قام البيروني بإسقاطه عمودياً على مستوي أفق المدينة وحصل على النقطة O وعلى الاتجاه EOZ نحو مكة.



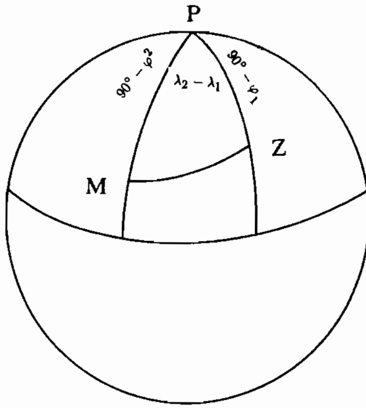
الشكل رقم (١٤ ـ ١٨)

أدار البيروني (الشكل رقم (١٤ ـ ١٨)) دائرتي خط الزوال وخط الاستواء السماوي حول المحور AC وطابقهما على دوائر الأفق. علاوة على ذلك، أدار البيروني نصف الدائرة النهارية GHD الموازية لخط الاستواء السماوي، حول المحور GD بطريقة يصبح معها هذا النصف موازياً لمستوي دائرة الأفق. وهكذا، أتم البيروني كل بناءاته على المستوي نفسه.

وفي مؤلفه كتاب **في إفراد المقال في أمر الأظلال** طابق البيروني مرةً أخرى عدة مستويات. ووصف أيضاً في مؤلفه هذا، النتائج الأهم من كتاب *Analemma* لديودور. وقد عرف الإسقاط المجسم شعبية كبيرة في العالم العربي، وذلك لأنه استُخدم في بناء الأسطرلابات. ولم يستطع بطلميوس، في كتابه **تسطيح الكرة** والموجود إلى الآن بترجمة عربية، أن يبرهن أن هذا الإسقاط يحول الدوائر غير المارة بمركزه إلى دوائر. وهذا البرهان أعطاه أحمد الفرغاني (ت ٨٦١م) في مؤلفه **كتاب صنعة الأسطرلاب**. وقد أعطى علماء لاحقون براهين أخرى عن هذه الخاصية المهمة جداً عن الإسقاط التجسيمي. وعند إعطائه هذا البرهان في مؤلفه **رسالة في الأسطرلاب**، استند إبراهيم بن سنان على القضية (١، ٥) من **مخروطات** أبولونيوس.

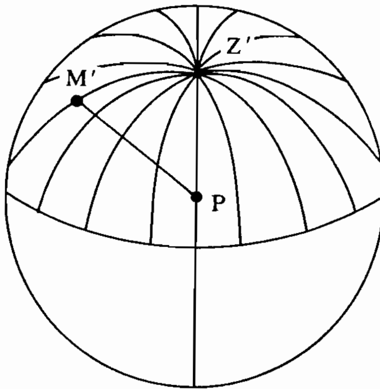
(٢٤) في المخطوطات المنسوخة المتوفرة من **القانون المسعودي**، لا وجود لهذا القوس على امتداد خط الاستواء السماوي، إنما على دائرة خط الزوال (أو التنصيف).

وفيما يلي نُقدم برهاناً آخراً للبيروني حول تحديد وجهة القبلة؛ وهذا البرهان مأخوذ من مؤلفه كتاب **في إخراج ما في قوة الأسطرلاب إلى الفعل**. وفي هذا البرهان يستخدم المؤلف خاصية أخرى هامة عن الإسقاط التجسيمي، وهي التطابق في الشكل (الزوايا الموجودة بين خطوط الكرة تساوي الزوايا الموجودة بين إسقاطات هذه الخطوط على المستوي). والبرهان هو التالي:



الشكل رقم (١٤ ـ ١٩)

أخذ البيروني المثلث الكروي *MPZ* الموجود على سطح الأرض. وقمم هذا المثلث هي (*Z*) المدينة المعطاة و(*M*) مكة و(*P*) القطب الشمالي (الشكل رقم (١٤ ـ ١٩)). تُدعى الزاوية *PZM* من هذا المثلث سمت القبلة، واحتساب هذه الزاوية يتعادل مع تحديد اتجاه القبلة. وفي المثلث *MPZ* يساوي الضلعُ *PM* متمم خط عرض المدينة المعطاة والضلع *PZ* متمم خط عرض مكة، وتُعتبر الزاوية *MPZ* الفارق بين خطي طول هاتين المدينتين. واستبدل البيروني هذا المثلث بآخر مشابه له موجود على الكرة السماوية وقممه هي سمت كل من مكة والمدينة المعطاة والقطب الشمالي للكون (سنعطي لهذه القمم الأسماء نفسها: *M* و*Z* و*P*) واعتبر الإسقاط التجسيمي للكرة السماوية انطلاقاً من القطب الجنوبي للكون على المستوي المماس للكرة عند القطب الشمالي *P*. وبهذا الإسقاط تمثل الضلعان *PM* و*PZ* من المثلث الكروي الجديد *MPZ* بالقطعتين *PM'* و*PZ'* والمنحدرتين من نقطة المستوي *P* (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٠)). ويمر الضلع الثالث *MZ* من المثلث بالقوس *M'Z'* من «دائرة السمت» بحيث لا يبقى علينا سوى قياس الزاوية الموجودة بين القوس *M'Z'* والقطعة *Z'P'* لتحديد سمت القبلة.



الشكل رقم (١٤ ـ ٢٠)

وقد طور عبد الجبار الخرقي (ت ١١٥٨م)، الذي عمل في مَرو وفي

خوارزم، طريقة البيروني، وذلك في كتابه **منتهى الإدراك في تقاسيم الأفلاك**. وبينما أكد البيروني بإلحاح على ضرورة نقش خطوط السمت (العمودية) على صفائح الأسطرلاب، لم تتطلب طريقة الخرقي مثل هذه الخطوط. عوضاً عن ذلك، كان على الخرقي أن يقوم بالأرصاد الفلكية في الوقت الذي يعادل فيه ارتفاعُ الشمس خط عرض سمت مكة، بحيث يتطابق سمت القبلة مع الزاوية الزمنية (أي مع الزاوية *ZPS* من المثلث الكروي *SPZ*) ويكون الظل الشمسي للشاخص متوجهاً نحو القبلة.

شرح محمود الجغميني (ت ١٢٢٠م)، الذي عمل في خوارزم، طريقة الخرقي في مؤلفه **الملخّص في الهيئة** الذي حافظ على شيوعه الذائع طيلة القرون الوسطى. وتوجد عدة تعليقات على هذا المؤلَّف تناولت هذه الطريقة. ومن بين مؤلِفي هذه الدراسات نستطيع ذكر كمال الدين التركماني (القرن الرابع عشر) الذي عمل في ساراي (Saray) عاصمة الـ «Horde Dorée». وعرض بالتفصيل طريقة الخرقي.

واستُخدم الإسقاط التجسيمي لرسم خريطة سطح الأرض على مستوٍ، أي لرسم الخرائط. وبما أن هذا الإسقاط متطابق (Conforme)، فالزوايا الموجودة بين خطوط سطح الأرض تتمثل دون اعوجاج. ومثل هذه الخرائط تكون عملية خاصة بالنسبة إلى البحّارة.

كرس البيروني مؤلفه **رسالة في تسطيح الصور وتبطيح الكور** لتطبيق الإسقاط التجسيمي في رسم الخرائط. وكان هذا الإسقاط يدعى في البلاد العربية «تسطيح الأسطرلاب»؛ وفي بداية القرن السابع عشر أدخل الفيزيائي الفلمندي ف. داغيّون (F. D'Aguillon) تسميته العصرية «الإسقاط التجسيمي أو المجسامي» (Projection Stéréographique)، أو المجسم. وقد نشر ل. أولير مذكرتين عن استخدام هذا الإسقاط في تجميع الخرائط: فقد استخدم دالات تحليلية بمتغير عقدي (Complexe) ليحصل على تمثيل عام مطابق لسطح الأرض، دامجاً الإسقاط التجسيمي مع إسقاط خرائطي مطابق شكلاً لمستوٍ على نفسه.

وبالإضافة إلى الإسقاط التجسيمي، استُخدم إسقاطان آخران في بناء الأسطرلابات، «الإسقاط التام» الذي سماه الصاغاني «التسطيح التام» و«الإسقاط الأسطواني» لكرة على مستوٍ للبيروني. يكون الإسقاط الأول، انطلاقاً من نقطة غير مرتكزة على الكرة، على مستوٍ عمودي على الخط المستقيم الذي يصل مركزي الإسقاط والكرة. والإسقاط الثاني هو إسقاط موازٍ. وفي الحالتين، تتمثل عامة دوائر الكرة بقطوع مخروطية.

ويدرس البيروني في كتابه **استيعاب الوجوه الممكنة في صنعة الأسطرلاب** الإسقاط المنسوب للصاغاني - وهو إسقاط للكرة السماوية على مستويها الاستوائي انطلاقاً من نقطة على محورها غير المار بالقطب. كما يدرس بناء المقاطع المخروطية مستعيناً لذلك بالتحويل الإسقاطي لدائرة إلى قطع مخروطي من مستويها. واعتبر البيروني تحويل الدائرة *KIMH* على القطع المخروطي *KBM* (الشكل رقم (١٤ - ٢٠أ)) المحدد كما يلي: يأخذ قطراً *FG* من

الشكل رقم (١٤ ـ ٢٠أ)

الدائرة $KIMH$ ويأخذ نقطة O من القطر KM. ومن أية نقطة C من الدائرة يرسم الخط العمودي CA على القطر FG، ثم يربط A بـ O وبعدها يرفع الخط العمودي على OA وهو $AC = AD$، ومن ثم يصل D بـ O، ومن النقطة L وهي نقطة التقاء HI وOA يرسم الخط العمودي LN على OD، وأخيراً يرفع الخط العمودي LP على HI بحيث يكون $LN = LP$. ويُنظر إلى النقطة P على أنها النقطة من القطع المخروطي التي تحولت إليها النقطة C من الدائرة. فمدى انفراج الزاوية MOG يحدد نوع القطع المخروطي، فالزاوية MOG تكون حادة أو قائمة أو منفرجة، وبالتالي فالقطع المخروطي يكون إهليلجاً أو قطعاً مكافئاً أو قطعاً زائداً. واستُبدلت نقطتا الدائرة F وG بالنقطتين B وX، وهما نقطتا تقاطع الخطين OF وOG مع القطر HI (في حال القطع المكافئ يكون الخطان OG وHI متوازيين)، وطرفا قطر الدائرة العمودي على FG يصبحان النقطتين K وM. فإذا كانت المسافة EO بين مركز الدائرة والنقطة O تساوي ρ، وإذا كانت الزاوية FEI تعادل α، يكون شكل هذا التحويل الإسقاطي كالتالي:

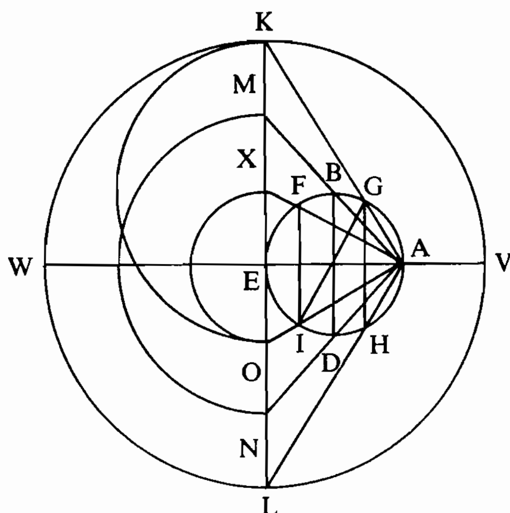
$$y' = \frac{\rho(x\ sin\alpha - y\ cos\alpha)}{(x\ cos\alpha + y\ sin\alpha)\ sin\alpha + \rho} \text{ و } x' = \frac{\rho(x\ cos\alpha + y\ sin\alpha)cos\alpha}{(x\ cos\alpha + y\ sin\alpha)\ sin\alpha + \rho}$$

والقطع المخروطي المبني يكون متطابقاً مع الإسقاط المركزي للدائرة ذات القطر FG على المستوي العمودي على مستوي الرسم (الدائرة هي أفق مدينة ذات خط العرض $90° - \alpha$) انطلاقاً من النقطة O على المستوي الاستوائي للكرة. ويصف البيروني أيضاً بناءً شبيهاً «للمقنطرات» ـ الموازية للأفق على مسافة كروية h ـ أياً يكن خط عرضها h.

الصورة رقم (١٤ ـ ٤)
أبو الريحان البيروني، **استيعاب الوجوه الممكنة في صنعة الأسطرلاب**
(طهران، مجلس شورى، ١٩٢٦).

لعل أهم مخطوطة علمية عن الأسطرلاب من بين ما كتب بالعربية هي هذه المخطوطة، ففيها يصف البيروني بعناية عمل الأسطرلاب ويناقش بدقة التسطيحات أو الإسقاطات اللازمة. ونرى هنا أشكال متعددة من العنكبوت، وهو جزء من آلة الأسطرلاب.

وقد اكتشف رشدي راشد مؤخراً إسقاطات «مخروطية» وأسطوانية في كتابات القوهي وابن سهل عن الأسطرلابات(٢٥).



الشكل رقم (١٤ ـ ٢١)

ونذكر، من بين كتابات أخرى عن الأسطرلابات، مؤلف **تسطيح الأسطرلاب** لمحيي الدين المغربي (ت نحو ١٢٩٠م) وهو مِمن عملوا في مرصد مراغة. وفي هذا المؤلف، بنيت كل الدوائر وكل النقاط المرتكزة على الصفيحة وعلى عنكبوت هذه الآلة بطريقة هندسية بحتة. والشكل رقم (١٤ ـ ٢١) يعيد رسم المغربي الذي يضع عليه الدائرة الكبيرة العمودية من الكرة السماوية $ABED$. فالقطر BD والوتران GH وFI الموازيان له هي إسقاطات الخط الاستوائي السماوي ومداري الجدي والسرطان على التوالي، والقطر GI هو إسقاط «فلك البروج». يظهر رسم المؤلف بوضوح كاف بناء الدوائر التي أقطارها MN وKL وXO وKO، وهذه الأقطار هي إسقاطات للدوائر المذكورة على مستوي الأسطرلاب.

على هذا الرسم، يشكل تراكب الإسقاطات على مستويين متعامدين، واحداً من الإسقاطات الأكثر أهمية. وفي نهاية القرن الثامن عشر، أصبح مثل هذا التراكب القاعدة «لمنهج ج. مونج» (G. Monge) في الهندسة الوصفية العصرية.

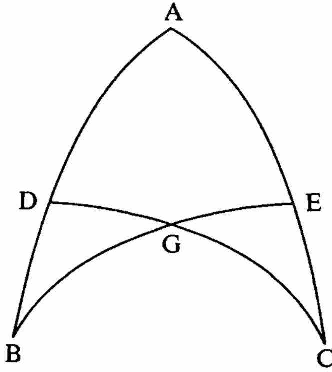
الهندسة الكروية

لقد ذكرنا في الفقرة الأولى أنه في القرن التاسع تمت ترجمة كتاب **الكرويات** لثيودوس (القرن الثاني ـ الأول قبل الميلاد) وكتاب منلاوس (القرن الأول) الذي يحمل العنوان عينه، إلى العربية. حاول ثيودوس خلْقَ هندسة كروية شبيهة بعلم التسطيح كما قدمه إقليدس في **الأصول**، بينما اكتشف منلاوس عدداً من خصائص الرسوم الهندسية فوق الكرة، وهي

---

(٢٥) انظر: Roshdi Rashed, *Dioptrique et géométrie au X^e siècle: Ibn Sahl, al-Qūhī et Ibn al-Haytham* (Paris: Les Belles lettres, 1991).

خصائص لم يكن لها ما يشابهها في الهندسة المستوية. من هذه الخصائص تجاوز مجموع زوايا المثلثات الكروية لزاويتين قائمتين والعلاقات بين زوايا وأضلاع هذه المثلثات. فضلاً عن ذلك، برهن منلاوس المبرهَنة الأولى من علم المثلثات الكروي، التي تحمل اسمه اليوم وتدعى أيضاً «مبرهَنة رباعي الأضلاع (الكروي) التام». وهذا التعبير يعني رسماً مؤلفاً من مضلع رباعي كروي حيث يتم رسم الأضلاع المتقابلة حتى تقاطعها، (انظر الشكل رقم (١٤ ـ ٢٢)). وهذه المبرهَنة تصل أوتار الأقواس الستة المنحنية في رباعي الأضلاع. وقد استخدم بطلميوس في كتابه **المجسطي** مبرهَنة منلاوس لحل مسائل من علم الفلك الكروي. وناقش كثير من العلماء العرب وطوروا **كرويات** ثيودوس ومنلاوس. فلقد قام العالم أبو نصر بن عراق من خوارزم (ت ١٠٣٦م)، وهو أستاذ البيروني، بتدقيق في غاية الأهمّية لكتاب **كرويات** منلاوس. كما كُرِست أعمال عديدة لمبرهَنة منلاوس. وكذلك اندفع علماء عرب في دراسة رباعي الأضلاع التام. وقد نسبوا مبرهَنة منلاوس إلى «شكل القِطاع» بينما سُمِيَ رباعي الأضلاع في مصطلحاتهم «شكل القطاع». وبين الأعمال المتعلقة بهذا الموضوع يمكننا ذكر مؤلف ثابت بن قرة **رسالة في شكل القطاع** ورسالة حسام الدين السالار المفقودة التي يعود إليها الطوسي وكذلك كتاب **كشف القناع عن أسرار الشكل القطاع** المسمى أيضاً **كتاب الشكل القِطاع** لنصير الدين الطوسي، المعروف في الأدب الأوروبي بـ **رسالة المربع التام**.



الشكل رقم (١٤ ـ ٢٢)

وقد خُصِصت أعمال عديدة للبناءات الهندسية على الكرة. ففي كتابه **عمل السمت على الكرة** شرح يعقوب الكندي كيفية بناء نقطة على الكرة تكون المسافتان بينها وبين نقطتين (معطاتين على نفس الكرة) معلومتين. يتم هذا البناء بالبركار، فتُرْسَم دوائر تكون مراكزها النقاط المعطاة وشعاعاتها تعادل المسافات المعطاة. وفي علم مساحة الأرض العصري، يُدعى هذا البناء بناء «بالتقاطع الخطي».

استعمل الكندي هذا البناء لتحديد مكان الشمس S على الكرة السماوية انطلاقاً من علوها ومَيلها. (ومتَمِمتا هاتين الكميتين إلى $90°$ تساويان المسافتين الكرويتين من الشمس إلى النقطتين Z وP وهما سمت الكون وقطبه). وحسب مصطلحات الكندي كان «اتجاه الكرة» يعني اتجاه شعاعها الملامس للنقطة المبنية من الدائرة.

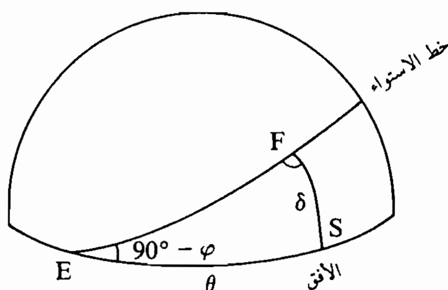
وقد درس الفارابي وأبو الوفاء كذلك البناءات على الكرة، مكرسَين لهذا الموضوع بعضاً من الفصول الأخيرة من أعمالهما الهندسية المذكورة سابقاً. قسم الأولُ الكرة إلى مضلعات كروية منتظمة تتطابق قممُها مع قمم متعددات سطوح محاطة منتظمة وإلى نوع من متعددي السطوح محاط ونصف منتظم. وأضاف الثاني تقسيمات جديدة من هذا النوع لمتعددي سطوح أخرى نصف منتظمة. وكرس ابن الهيثم كتابه **قول في بركار الدوائر العظام** لبناءات هندسية على الكرة دون سواها.

وقد لعب تطبيق الطرق الهندسية في حل مسائل علم المثلثات الكروي، دوراً كبيراً في هذا العلم. ونُذَكِر هنا بما أوردناه بشأن دراسات البيروني والخرقي (الفقرة السابقة: التحويلات الهندسية) لتحديد سمت القبلة بإسقاط تجسيمي للكرة السماوية على مستوي الأسطرلاب. وكان هذا التحديد يتم عادة بطرق مكافئة لاستعمال قوانين جيب التمام الكروي.

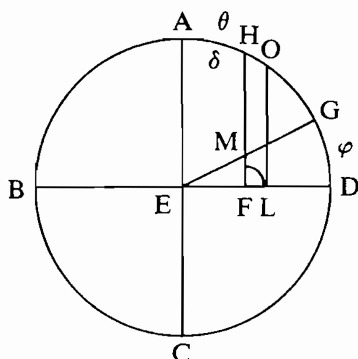
اكتشف الخوارزمي حلاً هندسياً آخر لمسائل علم المثلثات الكروي. وقد وصف هذا الحل في مؤلفه **عمل سعة أي مشرق شئت من البروج في أي عرض شئت بالهندسة**. وعرفت طريقة الخوارزمي انتشاراً واسعاً: إذا كان φ خط عرض مكان الرصد وكان δ ميل الشمس في يوم ما، يبني الخوارزمي خط الطول أي القوس θ من دائرة الأفق المشدود بين نقطة الشرق ونقطة الفجر حسب القانون التالي:

$$sin\theta = sin\delta / cos\varphi$$

وباعتبار أن القوس θ هو وتر المثلث القائم الكروي EFS (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٣)) وأن القوس δ هو الزاوية المشتركة لمواقعه وأن متمم خط العرض $(90° - \varphi)$ الزاوية المقابلة لهذا الموقع، فإن طريقته تتكافأ مع تطبيق قوانين الجيب الكروي على المثلث EFS. وقد حصل الخوارزمي هندسياً على القوس θ بالطريقة التالية: بنى الدائرة $ABCD$ مع



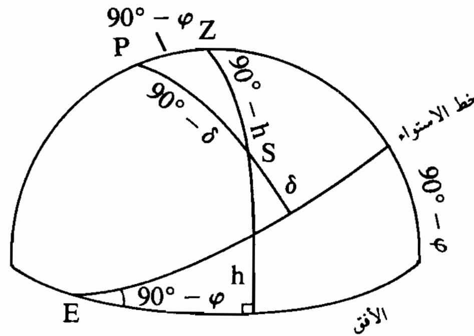
الشكل رقم (١٤ ـ ٢٣)



الشكل رقم (١٤ ـ ٢٤)

قطرين متعامدين AC وBD يلتقيان في مركز الدائرة E؛ وقاس القوس AH المساوي لـ δ والقوس DG المساوي لـ φ (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٤)) على القوس AD؛ ورسم الشعاع EC والخط المستقيم HF الموازي للقطر AE؛ وحدد نقطة التقائهما M؛ وبعد ذلك رسم قوساً شعاعُه EM ومركزه E ويحدد النقطة L وهي التقاؤه بالقطر BD؛ وأخيراً، رسم الخط المستقيم LO الموازي لـ AE ولـ HF، جامعاً القوس AD بطريقة يعادل معها القوس AO خط الطول المجهول.

أعطى محمد الماهاني (ت بين ٨٧٤ و٨٨٤م) والأصغر سناً بقليل من الخوارزمي، بناءً هندسياً مشابهاً لقوسٍ يعادل سمت الشمس A انطلاقاً من علوه h وخط الطول δ وخط العرض φ لمركز الرصد الذي وصفه في مؤلفه **مقالة في معرفة السمت لأي ساعة أردت وفي أي موضع أردت**. وهذا البناء للماهاني تطابق مع القاعدة التي أدخلها الخوارزمي في مؤلفه **معرفة سمت من قبل ارتفاع**. إذا استُنْتِجت θ من δ وφ حسب قاعدة الخوارزمي، تصبح العبارة التي تعطي A تبعاً لـ δ وh وφ متكافئة مع قانون جيب التمام الكروي للمثلث الكروي SPZ (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٥)). ونشير هنا إلى أن كثيراً من الزيج العربية اللاحقة ومن الأعمال الفلكية الأخرى استخدمت بناءات الخوارزمي والماهاني.



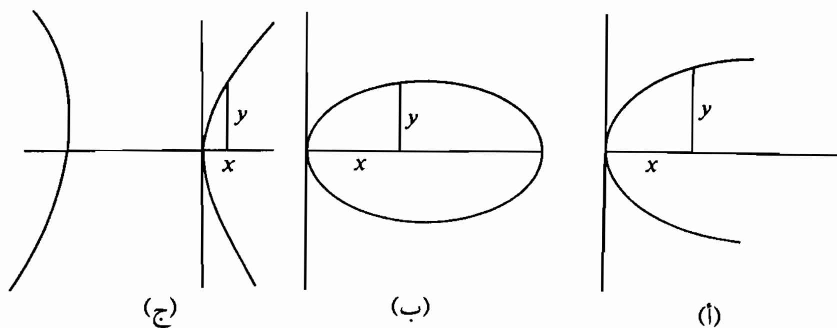
الشكل رقم (١٤ ـ ٢٥)

الإحداثيات

عند مضاعفته المكعب بتحديد تقاطع قطعين مكافئين، كان مينيشم (Ménechme) (القرن الرابع قبل الميلاد) بالفعل أول من استخدم الإحداثيات المتعامدة، المعتبرة كقطعات من خطوط مستقيمة. لقد ظهرت إحداثيات مشابهة في «مخروطيات» إقليدس المفقودة استخدمها هذا المؤلف لتمثيل، ودراسة، خصائص القطوع الناقصة والزائدة ودراستها. طبق

أرخميدس مثل هذه الإحداثيات في مؤلّفيه **تربيع القطع المكافىء والكرويات والمخروطيات** (Conoïdes). وفي **مخروطاته**، استخدم أبولونيوس إحداثيات متعامدة وإحداثيات مائلة على حد سواء؛ بينما أدخل أرخميدس الإحداثيات القطبية في مؤلفه **الحلزونيات**.

مع ذلك، فإن هذه الوقائع لا تعني أن العلماء الأقدمين تمكنوا من طريقة الإحداثيات كما فعل علماء الرياضيات في نهاية القرن السابع عشر. ففي العصور القديمة، كانت الإحداثيات مرتبطة بشدة بالمنحنيات التي تتناولها. وفي أعمال مينيشم وإقليدس، كانت الإحداثيات المتعامدة قطعة من أحد محاور قطع مخروطي وقطعة أخرى موازية للمحور الآخر (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٦أ وب وج)). أما أبولونيوس فقد استخدم قطعة من قطرٍ من قطع



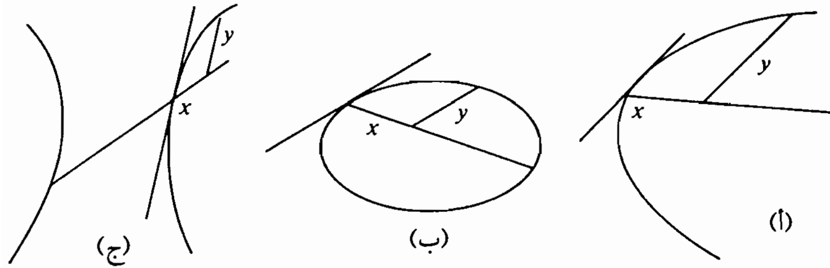
الشكل رقم (١٤ ـ ٢٦)

مخروطي وقطعة من الوتر المرافق (Conjugué) لهذا القطر كإحداثيات مائلة لمخروطياته (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٧)). وأخيراً، يمكن تقديم إحداثيات أرخميدس «القطبية» كالتالي: نأخذ مقطعاً مستقيماً، أصله ثابت، على محور ثابت، تتغير الزاوية التي يصنعها هذا المقطع مع المحور بحيث تبقى متناسبة (بنسبة ثابتة) مع طول المقطع، فيرسم الطرف الثاني لهذا المقطع «حلزونية أرخميدس».

وهكذا، لم يمتلك العلماء الأقدمون أدنى فكرة عن الصور الهندسية للمعادلات ما بين نوعي الإحداثيات[٢٦]. لم يناقشوا سوى العلاقات الخاصة من هذا النوع بين إحداثيات نقطة من منحنٍ، وحتى أنهم استخدموا تعبيراً خاصاً لهذه العلاقات، فسموها دلالات (أو علامات) المنحنيات المدروسة. غير أن، الإحداثيات بمفهوم ديكارت (Descartes) وفيرما (Fermat)، لم تكن دون صلة مع إحداثيات العلماء الأقدمين لأن تعابيرهما العصرية: «abcisse» و«ordonnée» هي الترجمات اللاتينية المختصرة للتعابير المقابلة «مقطوع من الرأس» و«موضوع بترتيب» التي استعملها أبولونيوس.

(٢٦) الإحداثي السيني والإحداثي الصادي، س وَ ص، x وَ y.

استخدم جغرافيو العصور القديمة نظاماً من الإحداثيات موجوداً على سطح الأرض، كانوا يعتقدون أولاً أنه على شكل مستطيل، ثم على شكل كرة. وظهر تعبيرا خط الطول (طول) وخط العرض (عرض) في الزمن الذي استُعْمِل فيه النموذج الأول، واستمر استعمالهما حتى في النموذج الكروي.

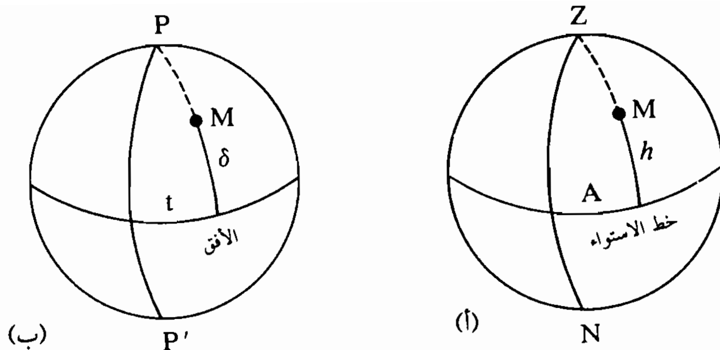


الشكل رقم (١٤ ـ ٢٧)

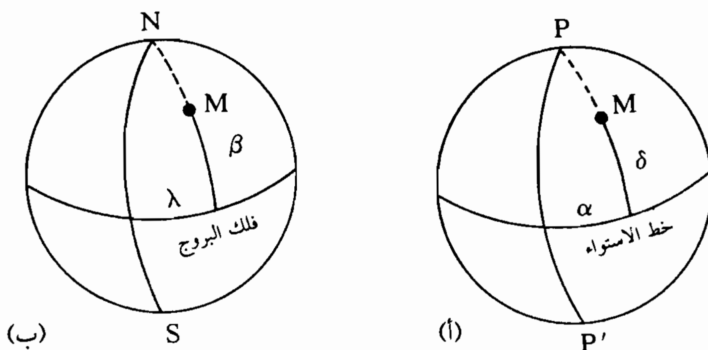
وبما أن علماء الرياضيات الأقدمين كانوا يمثلون الإحداثيات في مستوٍ بقطعات وبزوايا إيجابية (دائماً)، كان على الجغرافيين الإشارة إلى ما إذا كانت خطوط العرض على الكرة إلى شمال خط الاستواء أو إلى جنوبه، وهذا يتكافأ مع التمييز بين الإحداثيات الإيجابية والسلبية. ولنلحظ مع ذلك أن عملية الضرب لم تطبق أبداً على خطوط العرض.

قضت القاعدة بالتعبير عن الإحداثيات الجغرافية بالدرجات والدقائق. وقد استعمل علماء الفلك الأقدمون أنواعاً عديدة من الإحداثيات الكروية على الكرة السماوية. وكانت هذه الإحداثيات شبيهة بالإحداثيات الجغرافية على سطح الأرض. وقد أقاموا نظامين من الإحداثيات: النظام الأفقي وله دائرة الأفق كخط استواء ونقطتي السمت والنظير كقطبين (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٨أ))؛ والنظام الاستوائي وعناصره على التوالي هي خط الاستواء السماوي وقطبا الكون (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٨ب)). كما استخدموا نظامين آخرين تبعاً للدوران اليومي للنجوم الثابتة: النظام الاستوائي المتحرك (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٩أ))، ونظام فلك البروج بإحلال فلك البروج محل خط الاستواء مع قطبيه (الشكل رقم (١٤ ـ ٢٩ب)).

واستعمل علماء الجبر (انظر الفصل الحادي عشر: الجبر) وبشكل منهجي إحداثيات أبولونيوس عند تحديدهم الجذور الإيجابية للمعادلات الجبرية من الدرجتين الثالثة والرابعة، وذلك بدراسة تقاطع القطوع المخروطية.



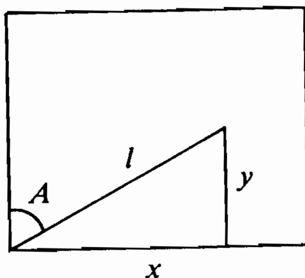
الشكل رقم (١٤ ـ ٢٨)



الشكل رقم (١٤ ـ ٢٩)

كان العلماء العرب على معرفةٍ أكيدة بالترجمات العربية لكتاب بطلميوس **المجسطي** وبالصيغ المختلفة المنقحة بالأصل والمراجعة أيضاً بالعربية، لكتابه **الجغرافيا**. وكان **كتاب صورة الأرض** للخوارزمي أولى هذه المراجعات. ولهذا استعمل علماء البلاد العربية دائماً خط العرض وخط الطول الجغرافيين، كما استعملوا مختلف الإحداثيات على الكرة السماوية. وانتهى الأمر بتعبير «السمت» المستعمل كإحدى إحداثيات النظام الأفقي بأن يدل أيضاً على الاتجاهات على سطح الأرض.

وفي مؤلفه **كتاب في آلات الساعات التي تسمى رخامات** حدد ثابت بن قرة موضع طرف ظل المزولة الشمسية في مستوي هذا الجهاز، بطول الظل (لنسمِه l) وبسمته (A). ويمكننا اعتبار هذه الوسيطات كإحداثيات قطبية لنقطة في المستوي. إضافة إلى ذلك أدخل



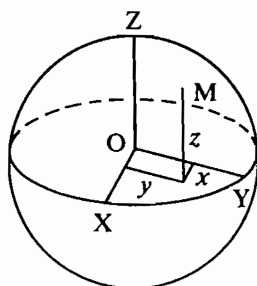
الشكل رقم (١٤ ـ ٣٠)

المؤلف «أجزاء الطول» (x) و«أجزاء العرض» (y)، أي الإحداثيات المتعامدة للنقطة عينها، وأعطى صيغ المرور من l و A إلى x وy (الشكل رقم (١٤ ـ ٣٠)). وهذه الصيغ هي في تعبيرنا الشائع:

$$y = lcosA \text{ و } x = lsinA$$

وبما أن التعبير العربي لكلمتي خط طول وخط عرض هو على التوالي «طول» و«عرض»، وبما أن كلمة «جزء» استُعْمِلَتْ غالباً بمعنى «درجة»، فالعبارتان «أجزاء الطول» و«أجزاء العرض» كانتا تعنيان المعنى نفسه الذي تعنيه عبارتا «درجات خط الطول» و«درجات خط العرض». وهذا ما يثبت أن ثابت بن قرة قد استعار من الجغرافيين تعابيرهم الخاصة للدلالة على الإحداثيات المتعامدة.

إن المسائل المتعلقة بالمزاول الشمسية التي قادت هذا العالم، أي ثابت بن قرة، إلى التنبه للرابط الموجود بين الإحداثيات المتعامدة والقطبية هي ذاتها التي قادت البيروني إلى الإحداثيات الفضائية. ففي كتابه **في إفراد المقال في أمر الأظلال** وعند دراسته ظلال المزولة الشمسية المسقطة على مستوي الأفق بمصادر الضوء الموجودة على الكرة السماوية، لاحظ البيروني أن تغيرات الظلال على المستوي تترافق مع تغيرات في مواقع مصادر الضوء الموازية للقطر... المؤلّف من الارتفاع ومن العمق أو الموازية لقطرين آخرين... المؤلّفين من الطول ومن العرض[٢٧]. قطرا الطول والعرض هما المحوران OX وOY والقطر الأول هو المحور OZ (الشكل رقم (١٤ ـ ٣١)). وهكذا، بتحديده للموقع الفضائي لمصدر ضَوْئي بواسطة موقع «أقطاره»، أدخل البيروني بالفعل الإحداثيات الفضائية المتعامدة.



الشكل رقم (١٤ ـ ٣١)

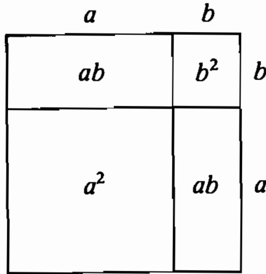
(٢٧) انظر: Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, *Ifrād al-maqāl fī 'amr al-Ẓilāl: The Exhaustive Treatise on Shadows*, translation and comment by Edward Stewart Kennedy, 2 vols. (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1976), vol. 1, p. 228.

تعميم الصيغ الهندسية للمتطابقات الجبرية (Identités)

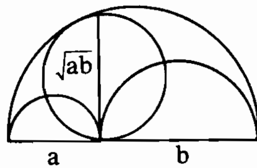
لم يستعمل قدامى الإغريق سوى الصيغ الهندسية المستوية للمتطابقات الجبرية. فقد اقترح إقليدس، في الكتاب الثاني من **الأصول**، تأويلاً هندسياً للمتطابقة:

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \qquad (١)$$

(الشكل رقم (١٤ ـ ٣٢)) ولمتطابقات أخرى من الدرجة الثانية. وأعطى أرخميدس في **مقدماته**، تأويلاً هندسياً آخر للمطابقة (١). فبرهن أن متمِم نصف ـ الدوائر ذات القطر a وb، إلى نصف ـ الدائرة ذات القطر $a+b$ (الشكل رقم (١٤ ـ ٣٣)) (وهذا المتمِم يدعى «arbelon»)، يعادل دائرة قطرها $\sqrt{ab}$.



الشكل رقم (١٤ ـ ٣٢)



الشكل رقم (١٤ ـ ٣٣)

وفي مؤلفه **كتاب في مساحة الأكُر بالأكُر**، عمم أبو سعيد السجزي (نحو ٩٥٠ ـ نحو ١٠٢٥م) صيغ الهندسة المستوية لإقليدس وأرخميدس مستخدماً المسائل «الفراغية». واقترح تأويلاً مجسامياً للمطابقة:

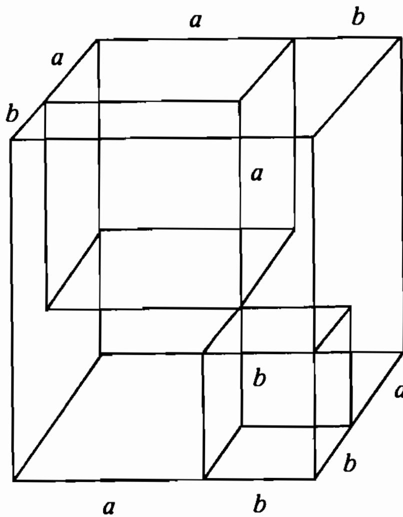
$$(a+b)^3 = a^3 + 3ab(a+b) + b^3$$

وذلك بتقسيمه مكعباً إلى مكعبين وثلاثة متوازيات سطوح. وكذلك شرح المطابقة:

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

وذلك بتقسيمه مكعباً إلى مكعبين وستة متوازيات سطوح، وكذلك بلجوئه أيضاً إلى مجسم ناتج عن دوران المتمم «arbelon» حول قطره $a+b$ (الشكل رقم ١٤ ـ ٣٤)).

وفي نهاية مؤلفه، تشهد قضيتان أن السجزي حاول أيضاً أن يخطو إلى المرحلة التالية (أي لمعالجة متطابقات من الدرجة



الشكل رقم (١٤ ـ ٣٤)

الرابعة). ففي إحدى القضيتين، أخذ بالاعتبار «كرة» قطرها $a+b$ وكرة أخرى قطرها a مماسة للأولى من الداخل ومع الافتراض أن: $(a+b)^2 = 5a^2$. وأكد أن «الكرة» الأولى تعادل 25 ضعفاً من الكرة الثانية. في الوضع الطبيعي، تكون هذه النسبة $5\sqrt{5}$ بدلاً من 25؛ غير أن نسبة السجزي تكون صحيحة في «فوق الكرات» أو الكرات الفوقية في الفضاءات ذات الأبعاد الأربعة. ولم يتطرق الكاتب أبداً إلى هذا الفضاء ولم يكن لديه المصطلحات المناسبة، لكن مجردُ وجودِ فرضيته يعني أنه فكر (على ما يبدو) بتعميم مبرهنات الهندسة ذات الأبعاد الثلاثة إلى حالة متعددة الأبعاد.

وفي أوروبا، صيغت فكرة المكعبات متعددة الأبعاد مباشرةً وللمرة الأولى في القرن السادس عشر، في تعليقات م. ستيفل (M. Stifel) على كتاب **الجبر** الذي ألفه ك. رودولف (Chr. Rudolff). وكان رودولف قد درس المكعب المعروف بـ«مكعب كريستوف»، الذي هو فعلاً تقسيم مكعب قام به السجزي إلى مكعبين وستة متوازيات سطوح.

ولا بد من ذكر تعبير خاص ورد في الأعمال الهندسية للفارابي وأبي الوفاء. لقد أوردنا في الفقرة الرابعة طريقتهما في بناء مربع يعادل مجموع ثلاثة مربعات متشابهة، حيث يكون ضلع المربع المجهول يساوي قطر مكعب مبني على المربع المُعطى. وبعد عَرْضِه للطريقة، أكد الفارابي أن هذه الطريقة تبقى صحيحة إذا أردنا بناء مربع يستند إلى أقل أو أكثر من ثلاثة مربعات[٢٨]. (ويمكننا إيجاد جملة شبيهة في أعمال أبي الوفاء). وهذه الكلمات يمكن تفسيرها بالتأكيد على أنها إيحاء لبناء شبيه بواسطة مكعب متعدد الأبعاد. واستطاعت العبارات «فوق الهندسية» الدالة على الدرجات الجبرية التي تتجاوز الثالثة، كعبارة «مال المال» المعبرة عن x^4، و«كعب المال» المعبِرة عن x^5، و«كعب الكعب» المعبِرة عن x^6، أنْ تحمل الفارابي (وفيما بعد ستيفل (Stifel)) على محاولة مثل هذا التعميم. ومن المحتمل أن يكون **كتاب المُدْخل إلى الهندسة الوهمية** قد كرِس للموضوع عينه.

استنتاجات

وكما عِلمُ الحساب والجبر العربيان، كذلك أثرت الهندسة العربية تأثيراً بالغاً في نمو الرياضيات في أوروبا الغربية. وكان **كتاب القياسات** *(Liber embadorum)* لأبراهام برحيّا (Abraham bar Hiyya) (نحو ١٠٧٠ ـ ١١٣٦م) أحد أوائل الأعمال الأوروبية الغربية في الهندسة. وكان هذا الكاتب يدعى في الأدب اللاتيني سافازوردا (Savasorda)، وهو اسم مشتق من العبارة العربية «صاحب الشرطة». ولقد وضعه مؤلفه بالعبرية وفيما بعد نقله أفلاطون التيفولي (Platon de Tivoli) إلى اللاتينية. ويحتوي هذا المؤلف على عدة قواعِد حسابية في الهندسة العربية، التي يتضمن بعض منها الجبر.

---

(٢٨) Al-Fārābī, *Al-Rasā'il al-riyādiyya (Matematicheskie Traktaty)*, p. 200.

وفي منتصف القرن الثاني عشر، نقلَ سافازوردا وأفلاطون التيڤولي أعمالاً عربية إلى اللاتينية، منها عدة كتب للخوارزمي وثابت بن قرة وابن الهيثم.

وَوَضع ليونارد البيزي (Léonard de Pise) (نحو ١١٧٠ ـ ١٢٥٠م) كتابه **الهندسة العملية** *(Practica geometriæ)* تحت تأثير عربي شديد. ويحتوي هذا الكتاب على عدد من المبرهنات التامة مع براهين في الهندسة المستوية والفضائية. ويستعمل الكاتب نفسه، في مؤلفه الحسابي والجبري *(Liber Abaci)*، تعابير ذات أصلٍ عربي؛ مثل تعبير «figura chata» وأصلها العربي «شكل القطاع» (مبرهنة القاطعات).

وكما كان الإسقاط الفضائي[٢٩] (انظر الفقرة المتعلقة بالإسقاطات) ذا شعبية واسعة في الشرق العربي، كذلك صار في أوروبا. وبواسطة هذا الإسقاط، بنى صانعو الآلات الأوروبيون الأسطرلابات على الطريقة العربية. ومن الواضح أن الأوروبيين قد اتبعوا العرب في هذا المجال. فأسماء النجوم المحفورة على عناكب الأسطرلابات الأوروبية كانت وبصورة أساسية نسخاً (وغالباً ما كان هذا النسخ مشوهاً) للأسماء العربية الموافقة. ولا مجال للشك في أن الأسماء الأوروبية الحالية للنجوم في بعض الحالات هي نقل مشوه (محرف) لأسمائها العربية.

وقد ألف ويتلو (Witelo)، وهو رجل علم بولوني من القرن الثالث عشر، كتابه *Perspectiva* (الذي لا بد أن يكون كتاب كبلر (Kepler) الشهير: *Astronomia pars optica* تكملة له تحت التأثير الواضح لمؤلف ابن الهيثم **كتاب المناظر**.

ولقد أتينا في الفقرتين السادسة والسابعة («نظرية المتوازيات» و«التحويلات الهندسية») على ذكر رسالة **تقويم المنحني** أو استقامة المنحنيات «redressement de la courbe» لألفونسو، كما ذكرنا تفسيرات ليڤي بن جرسون (Levi ben Gerson) لِـ **أصول** إقليدس، والمؤلفان مكتوبان بالعبرية في القرن الرابع عشر.

وفي القرن الخامس عشر، وبعد الفتح التركي للقسطنطينية، هرب كثير من اليونان البيزنطيين نحو أوروبا الغربية حاملين معهم مخطوطات عربية. فهكذا، وصلت إلى إيطاليا مخطوطتان منسوختان عن **عرض إقليدس المنسوب إلى الطوسي**[٣٠] (L'Exposition d'Euclide du Pseudo - Tûsî)، ونُشِرَ المؤلف نفسُه في روما انطلاقاً من إحدى هاتين النسختين. ولقد ذكرنا هذا الحدث في الفقرتين الرابعة والخامسة «بناءات هندسية» و«أسس الهندسة» حيث أشرنا أيضاً إلى أن برهان مصادرة إقليدس الخامسة كما وَرَدت في هذا الكتاب قد أثر في نظريات المتوازيات لواليس وساكيري (Wallis وSaccheri).

---

(٢٩) في الفضاء أو في الفراغ.

(٣٠) «المنسوب خطأ إلى الطوسي» حسب ما وردت سابقاً.

وهكذا نرى أن الأدبيات الهندسية العربية انتقلت إلى علماء الرياضيات في أوروبا الغربية بواسطة وسائل مختلفة: عبر إسبانيا، في القرن الثاني عشر؛ وبفضل التجارة المتوسطية، خلال القرنين الثاني عشر والثالث عشر؛ ومع اليونان البيزنطيين في القرن الخامس عشر. وهذا الحدث لعب دوراً هاماً في تكوين الهندسة الأوروبية ونموِها.

مع ذلك، وحسب معرفتنا الحالية على الأقل، بقي الأوروبيون في جهلٍ عددٍ من اكتشافات العلماء العرب التي اكتشفوها بأنفسهم فيما بعد. فلم تُتَرْجَم جميعُ أعمال الخوارزمي وثابت بن قرة وابن الهيثم إلى اللاتينية، وبعيداً عن ذلك، فأوروبا القرون الوسطى لم تعرف شيئاً عن أعمال البيروني. وكذلك، لم يكن العلماء الأوروبيون على علم بمعظم البناءات الهندسية التي قام بها الفارابي وأبو الوفاء؛ وبالتحويلات التآلفية التي استعملها ثابت بن قرة وحفيده إبراهيم بن سنان؛ وكذلك بالرسائل العربية عن نظرية المتوازيات حيث حلت بوضوح صيغ عديدة متكافئة محل مصادرة إقليدس الخامسة.

ـ ١٥ ـ
علم المثلثات
من الهندسة إلى علم المثلثات

ماري تيريز ديبارنو(*)

إن علم المثلثات، وهو العلم المساعد في دراسة حركات النجوم، علم قديم تعود أصوله على أقل تقدير إلى زمن إبرخس، الذي يُنسب إليه أول جدول للأوتار. وكان علماء الهند قد استبدلوا، حوالى القرن السادس الميلادي، الوتر القديم للقوس المضاعف بنصفه، أي بما يعادل الجيب الحالي مضروباً بشعاع (نصف قطر) الدائرة أو الكرة R (وهذا ما سنرمز إليه هنا بـ Sin بدلاً من $R\ sin$)، مع إعطاء قيم مختلفة (150، 3438، 120، . . .) للشعاع R. إن إسهام العلم الهندي في هذا الميدان لا يَقتصر فقط على إدخال مفهوم الجيب. لكن كتاب **المجسطي** ما لبث أن حل، لدى علماء الفلك العرب في القرن التاسع الميلادي، محل كُتُب **السندهند** الهندية. وسبب ذلك أن هذا الكتاب مثير للإعجاب بدقة عرضه وببراهينه وببرامج الرصد التي يقترحها. إن البنيان الضخم الذي بناه بطلميوس في كتابه الشهير **كتاب بطلميوس في التعاليم**، يستند بشكل أساسي، ولو نتج عن ذلك تناقض ظاهري، إلى قضايا هندسية بسيطة جداً. فالحسابات المعقدة إلى حدٍ ما والخاصة بهيئات الكواكب تستخدم بشكل دائم مبرهنة فيثاغورس والوتر الذي يُمثل ضلعاً للزاوية القائمة في مُثلث قائم الزاوية وذي وتر مساوٍ لقطر دائرة مرجعية (مع $R = 60$ وهذا ما يُسهِّلُ استخدامه في النظام الستيني). وهكذا يتم الحصول على قيم أضلاع وزوايا المثلثات المُستوية (المسطحة) بعضها من البعض الآخر. ونجد هذا الأسلوب الهندسي نفسه، في الفصل العاشر من المقالة الأولى من كتاب **المجسطي**، مُستخدماً في وضع جدول الأوتار الذي يتضمن صيغ جمع

(*) أستاذة الرياضيات في معهد هنري الرابع ـ باريس.

قام بترجمة هذا الفصل بدوي المبسوط.

الأقواس. أما الفلكيات الكُروية فهي مُقتصرة كما يبدو على إثني عشر تطبيقاً بسيطاً لُبرهنة منلاوس.

هذه هي، على نحوٍ مُبسط، بنية حساب المثلثات في كتاب **المجسطي**، إذا ما طرحنا جانباً بشكل مؤقت بعض الطرائق الأكثر براعة. ولقد أصبح لدى علماء الفلك العرب الأوائل بعد عدة عقود من الزمان، وبفضل اطلاعهم على النصوص اليونانية والهندية، فلكيات كروية قادرة على حل أية مسألة، ولو كانت مصطلحاتها ومواضيعها مشوّشة. ولم يُعط الإصلاح الذي قام به هؤلاء ثماره إلا بعد قرن ونصف من الزمان، أي في القرن العاشر الميلادي، عندما أدى إلى صياغة رياضية للمسائل مع ظهور العلاقات الأولى الخاصة بالُمثلث الكروي. وتم بعد ذلك توضيح بعض المفاهيم ولا سيما مفهوم دالة الظل الذي أُدخل منذ بداية القرن التاسع الميلادي. وشعر هؤلاء العلماء في الوقت نفسه بأهمية إعداد منهج خاص ومصطلحات خاصة بعلم المثلثات. ويمكن القول إن علم المثلثات قد برز حقاً في عهد البويهيين الذي كانت المراكز العلمية فيه كثيرة ونشيطة. ومنذ ذلك الوقت أصبح هذا العلم الجديد مادةً لمؤلفات مستقلة، بينما أصبح البحثُ، عن جداول للجيوب أكثر وضوحاً في القراءة والتركيب، حافزاً للقيام بأعمال أخرى.

سوف نتتبع في هذا الفصل التطوُر الذي أدى إلى ولادة هذه التقنية الخاصة المسماة علم المثلثات. وسيتوجب علينا الرجوعُ إلى النصوص وذكرُ بعض الصيغ: فالحالة الراهنة لمعارفنا حول هذا العلم لا تسمح لنا بوضع جردة كاملة لموضوعاته. وسوف نتجنب البحث المنهجي عن الرُواد الأوائل الذين سبقوا ريجيومونتانوس (Régiomontanus) وفيات (Viète) وريتيكوس (Rhéticus) وغيرهم من مؤسسي علم المثلثات في أوروبا. لقد بُني علم المثلثات في الغرب على معارف سبق أن تكونت خارج نطاق علم الفلك، بينما أنجب علمُ الفلك قبل ذلك بخمسة قرون علم المثلثات في بلاد العباسيين. لذلك فإن المقارنات بين علم المثلثات الشرقي وعلم المثلثات الغربي لا تخلو من المجازفة. فإن معنى صيغة ما قد يتغير، وإن أهميتها قد تزيد أو تنقص تبعاً للاستخدام الذي يُخصص لها. وسوف نعود إلى هذه القضية عند كلامنا عن صيغ المثلث الكروي الاختياري وعن مفهوم المثلث القطبي. وكذلك فإن من الخطأ أن نخلط مثلاً بين التبسيط الذي أتى به ابن يونس أو الكاشي عندما استبدلا في بعض القواعد الفلكية مضروب الجيوب أو جيوب التمام بمجموع الجيوب أو جيوب التمام، وبين الطريقة الحسابية المسماة «prostaphérique»(١) التي كانت معروفة في أوروبا في القرن السادس عشر والتي كانت مفيدة قبل إدخال اللوغاريتم.

---

(١) طريقة ترتكز على إبدال الضرب بالجمع بواسطة صيغ من أمثال:

$$\cos a . \cos b = [\cos (a+b) + \cos (a-b)]/2$$

انظر مقالة: J. Werner or Wittich, in: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 14, pp. 272-277, and pp. 470-471.

يحدث غالباً في الرياضيات أن تكون بعض المفاهيم مفيدة في فترة من الزمن وأن تسقط بعد ذلك طي الإهمال. وقد رأينا أعلاه مثالاً على ذلك. وهذا ما حدث، في الحقبة التي تهمُنا، لـ«الجيب المنكوس» $(vers(t) = R(1 - cos\ t)$ الذي اقتبسه المؤلفون العرب عن العلم الهندي، والذي لعب في مؤلفاتهم دور جيب التمام. إن الميزة الحسنة للجيب المنكوس، عند غياب أي مفهوم للاتجاه أو للإشارة، هي أنه يأخذ قيماً مختلفة بتغيّر الزاوية t من حادة إلى منفرجة (بينما يتطابق جيب زاوية ما مع جيب الزاوية المُكملة لها). ولقد حظي وضع صيغ المثلثات الكروية على شكل لوغاريتمات بالاهتمام حتى الأمس القريب، ثم أصبح دون فائدة، وكذلك فقد حساب المثلثات المكانة التي كان يحتلُها في المؤلفات الفلكية. ولقد واكب علم المثلثات، كغيره من العلوم، التطوُر المُوحد للرياضيات، لذلك وجب علينا أن نلقي نظرة نسبية على كل مرحلة من مراحل تطوُره. إن الحقبة العربية بالنسبة إلينا هي حقبة وضع صيغ المثلث الأولى والتعاريف الأولى وإدخال مفهوم دالة الظل. وسوف نتناسى الآن كل ما يُعرف حالياً في التحليل الرياضي حول الدالات الدائرية، لكي نرجع إلى الزمن الذي بدأ فيه علم المثلثات يتكون بشكلٍ مستقل عن الهندسة.

١ ـ الحساب الكروي للأزياج

كان للإرث المزدوج (الهندي واليوناني) الذي حصلت عليه الكرويات الفلكية العربية، وللمسائل التي اغتنت بها من هذا الإرث وللطرائق المتبعة في القرن التاسع لحل هذه المسائل، دور حاسم في تكوين الأداة الرياضية اللازمة لتسهيل الدراسة التمهيدية لتلك الكرويات الفلكية. لذلك يجدُر بنا أن نتعرف على عناصر هذا الإرث ولو أدى ذلك إلى أن نتجاوز قليلاً إطار هذه الدراسة.

إن أحد العناصر المُكونة للحساب الكروي، كما يبدو مُفصلاً بإسهاب في «الأزياج» (أي الجداول الفلكية)، هو يوناني الأصل. وهو يتعلق بالدور الأساسي الذي لعبه فلك البروج، أي الدائرة المرجعية لحركات الكواكب. وهذا ما مهد السبيل إلى تجزئة المسائل، الأمر الذي أدى سلفاً إلى تخفيض عدد الصيغ المفيدة. لقد أُرجع كلُ شيء تقريباً إلى فلك البروج، كما هي الحال في كتاب **المجسطي**: زوايا فلك البروج مع المتسامتات (الزاوية اختلاف المنظر) أو مع الأفق (لزاوية قابلية الرؤية)، النقاط أو الدرجات الخاصة بكل نجم على فلك البروج («الدرجة»، «درجة الممر» في مُستوي الزوال، و«درجتَي البزوغ والأفول»)، والنقاط الموجودة في لحظة مُعينة على مُستوي الزوال أو على الأفق (ومنها الطالع الذي يستخدمه المنجمون) والتي تُحدد وضع الكرة المنقادة بالحركة اليومية. لقد ورد في **المجسطي** مفهوم مُهمٌ وهو مفهوم الطالع المائل[٢] الذي يجب حسابُ جدولٍ بمقاديره الموافقة لعرض مكان الراصد للحصول على طول درجة الطالع. وهكذا فإن ما يبقى عمله

(٢) لنرمز إلى رأس الجوزهر بـ γ، وإلى نقطة فلك البروج الواقعة على الأفق شرقاً بـ E، وذلك في =

هو تطبيق مُبرهنة منلاوس على مسائل بسيطة انطلاقاً، في أغلب الأحيان، من رباعي أضلاع مرسومٍ على الكرة ومُشكّلٍ من أرباع الدوائر العظام.

نحن نعلم أن القضية الأولى من الفصل الثالث من كتاب **الأُكر** لمنلاوس تُثبت علاقة بين ستة أقواس موجودة على ثلاثة دوائر عظام تحمل أضلاع رباعي كامل؛ وتعادل هذه العلاقة صيغةً في مثلث قائم الزاوية، عندما تكون أضلاع الرباعي مساوية لأرباع الدوائر العظام[٣]. وكان المطلع على فلكيات الأزياج يعرف مثلاً أن جيب ميل الشمس أو جيب «درجة» يساوي حاصل ضرب جيب طول الشمس بجيب الميل الأقصى للشمس (ميل فلك البروج) مقسوماً على شعاع (أي نصف قطر) الكرة. ونحصل على العلاقة (أو القاعدة) التي تربط بين الوتر وأحد ضلعي الزاوية القائمة والزاوية المقابلة لهذا الضلع في مثلث كروي قائم الزاوية، إذا طبقنا مبرهنة منلاوس على رباعي الأضلاع الذي يرتسم محيطه حالما تُطرح المسألة[٤] (انظر الشكل رقم (١٥ ـ ١)). وهذا مثال نموذجي عن الحسابات الواردة في **المجسطي**، مع فارق واحد هو أننا نتعلم في كتاب بطلميوس انطلاقاً من أحرف الشكل كيف نحسب وتر القوس المضاعف، علماً بأن إحدى نسب الأوتار مركبة من نسبتين أخريين. وهكذا نفهم أن صياغة القواعد، حتى دون اللجوء إلى الرموز، تُشكل خطوة مُهمة لإدراك التشابه بين المسائل ولاستخلاص البيانات الرياضية المشتركة.

= لحظة معينة. عندئذٍ يكون الطالع المائل لـ «الدرجة» H، ذات العرض $\gamma\widehat{H}$، هو قياس القوس $\gamma\widehat{E}$ على خط الاستواء، الذي يرتفع، مع γH في آن واحد، فوق الأفق. وإذا كانت النقطة على خط استواء الأرض يكون الطالع المائل مطابقاً للطالع المستقيم.

(٣) تتخذ مبرهنة منلاوس الكروية، بالنسبة إلينا، شكلاً مماثلاً لمبرهنة منلاوس المسطحة. وهي قابلة للتطبيق على كل رباعي للأضلاع مشكلٍ من أقواس دوائر كبرى. وإذا استخدمنا رموز الشكل رقم (١٥-٣)، فإن هذه المبرهنة تُثبت العلاقة التالية، إذا طُبِقت على المثلث WEA والقاطع BDG:

$$(sin\ \widehat{BA}/sin\ \widehat{BE}).(sin\ \widehat{GE}/sin\widehat{GW}).(sin\ \widehat{DW}/sin\ \widehat{DA}) = 1.$$

لم يكن لدى المؤلفين القدماء هذا التصور للمبرهنة بواسطة المثلث والقاطع، ترتيباً:

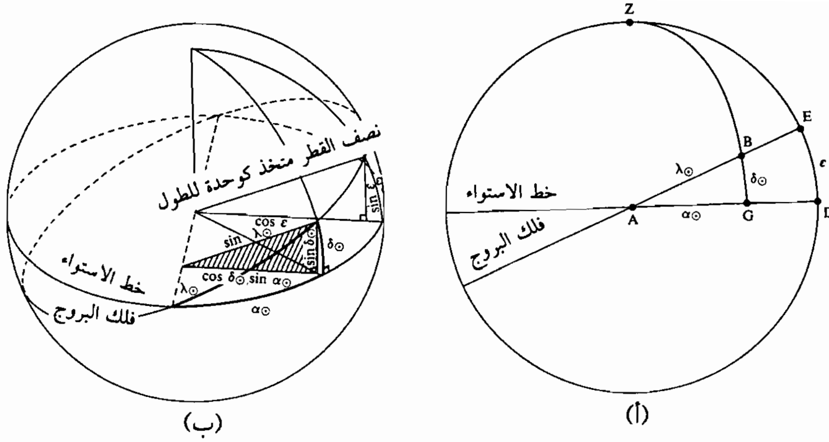
$$\frac{sin\ \widehat{AE}}{sin\ \widehat{EB}} = \frac{sin\ \widehat{AW}}{sin\ \widehat{WD}} \cdot \frac{sin\ \widehat{GD}}{sin\ \widehat{GB}}$$

و

$$\frac{sin\ \widehat{AB}}{sin\ \widehat{BE}} = \frac{sin\ \widehat{AD}}{sin\ \widehat{DW}} \cdot \frac{sin\ \widehat{GW}}{sin\ \widehat{GE}}$$

للاطلاع على ما يخص مبرهنة منلاوس والصيغ التي تُستنتج منها، انظر: Anton elder von Braunmühl, *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie,* 2 vols. (Leipzig: B. G. Teubner, 1900-1903), vol. 1, pp. 24-25, and Otto Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy,* Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 1, 3 vols. (New York: Springer-Verlag, 1975), pp. 26-29.

(٤) انظر الشكل رقم (١٥ ـ ١أ) رباعي الأضلاع $ZBAD$ والقاطع AGD أو المثلث ABG.



الشكل رقم (١٥ ـ ١)

إن بعض القواعد كتلك التي تُعطي ميل الشمس الزاوي موجودة بشكل واضح في النصوص التي وردت من الهند، مثل كتاب **خندخدياكا** لـ «براهماغوبتا». وقد عُرف هذا الكتاب قبل كتاب **المجسطي** وقبل كتاب **الجداول المُيسرة**. ولكن سياقه يختلف تماماً عن سياق الكتابين السابقين، إذ لا نجد فيه برهاناً أو شكلاً أو تمثيلاً على سطح الكرة، بل بيانات على شكل أبيات شعرية تُعبر عن التشابه بين مُثلثين مُسطحين قائمي الزاوية ولهما أضلاع تُمثل جيوباً أو جيوباً معكوسة أو ظل شاخص المزولة أو شعاع دائرة أو مجموعات من هذه المقادير. ويكون المثلثان في هذه الحالة المذكورة، في داخل الكرة وفي سطحين (مُستويين) متوازيين. ويكون وتر أحدهما مساوياً لجيب طول الشمس والوتر الثاني مساوياً لشعاع الدائرة. أما أضلاعهما المتماثلة فهي مساوية لجيب ميل الشمس ولجيب الميل الأعظم للشمس[٥]. إن الفلكيات الكروية في كتاب **السندهند** بدائية بالنسبة إلى تلك التي وردت في **المجسطي**، نظراً للوسائل المحدودة المستخدمة فيها. إلا أنها تُقدم قواعد أخرى كتلك التي تُعادل $sin\ \alpha_\odot = sin\ \lambda_\odot . cos\ \varepsilon / cos\ \delta_\odot$ (انظر الشكل رقم (١٥ ـ ١ب)) والتي لا يمكن أن تُستنتج إلا بتطبيق واحد لمبرهنة منلاوس لأنها تربط بين أقواس أربع دوائر. وهي تُقدم على الأخص المفهوم العام لزاوية السمت وفكرة الربط المهمة، على شكل صيغة، بين قياس

---

(٥) يوضح الشكل رقم (١٥ ـ ١ب) الطريقة الهندية للقاعدة السابقة، $sin\ \delta_\odot = sin\ \lambda_\odot\ .\ sin\ \varepsilon$، ولصيغة أخرى أيضاً تتعلق بالطالع المستقيم وتختلف عن نظيرتها في **المجسطي** وهي:

$$sin\ \alpha_\odot = sin\ \lambda_\odot\ .\ cos\ \epsilon / cos\ \delta_\odot\ .$$

الوقت وبين ارتفاع كوكب ذي ميل مُعين. لقد نجحت طريقة المثلثات المسطحة الهندية في الحالة التي نستخدم فيها صيغة جيوب التمام لحساب الزاوية الزمنية تبعاً للارتفاع، وذلك بالبحث عن علاقة بين زاوية السمت والارتفاع(٦).

ولم يكتف رواد علم الفلك الذي نشأ في القرن التاسع الميلادي، بعد اغتنائهم بالتعاليم التي تلقّوها من الهند واليونان، بالقيام بعرض شامل للنتائج على شكل تعليمات واضحة مُعبر عنها بواسطة الجيوب والجيوب المنكوسة الهندية مع $R = 60$، بل تخطُوا ذلك إلى قراءة مُعمقة لكتاب **المجسطي** واستخلصوا وطوّروا تقنياته. وهذا صحيح بالنسبة إلى الحساب الكروي الذي حُذفت منه بعض المُقاربات بواسطة مثلثات مُسطحة (اختلاف المنظر، قابلية الرؤية، الكسوفات)(٧). وتم التخلُص من القيد الذي تمثل بجدول طوالع البلد، إذ ظهرت في كتب الأزياج مسألة «الطالع بدون جدول» التي ليس لها بالضرورة مفهوم تنجيمي. وبفضل زاوية السمت التي تُقاس على «الدائرة الهندية» والتي أصبحت مفهوماً مُشتركاً مع «القبلة»، بدأ الربط بين مواضع الكواكب ومقادير إحداثياتها المحلية: فحساب «طوالع السمت»، المُتعارف عليه، ما هو إلا تحديد الزاوية الزمنية إذا عُرف مقدار زاوية السمت. أما إحداثيات فلك البروج فأصبحت تُحسب استناداً على الميل وعلى «درجة المرور»، بينما كانت تُحسب في **المجسطي** بشكل تقريبي استناداً على مواضع معروفة لكواكب قريبة. ولقد أضيفت مسألة «القبلة» إلى المسائل الفلكية البحتة، وكانت حافزاً لكتابات وفيرة؛ وحسابها هو تغيير للإحداثيات (حساب زاوية السمت، مع الافتراض أن الإحداثيات الزمنية معروفة) عندما يهدف إلى تحديد ارتفاع سمت مكة في مكان الراصد. ولقد عالجت «الأزياج» مواضيع أخرى كثيرة. ولكننا سنتوقف عند هذا الحد في جولتنا العابرة في ميدان الفلكيات الكروية الذي هو تقني بما فيه الكفاية. يذكُر مؤرخو العلوم بشكل خاص مسألة «القبلة»، عند عرضهم لتطوُر الفلكيات الكروية خلال الحقبة العربية. ولكن هذا لا يُعطي فكرة واضحة عن شدة تعقيد حساب «الأزياج». إن هذا التعقيد ناتج عن التكوين المتعدد العناصر لحساب «الأزياج» وعن الازدهار الهائل لعلم الفلك في القرن التاسع الميلادي. أما التنجيم فلم يكتسب تقنياته الكروية إلا بعد التبسيطات التي جلبتها صيغ المثلث.

---

(٦) هذه المسائل معقدة ولا يمكن أن تعرض هنا، انظر: Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, *Kitāb māqālīd'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du Xᵉ siècle,* édition, traduction et commentaire par Marie Thérèse Debarnot (Damas: Institut français de Damas, 1985), pp. 37-38.

(٧) بخصوص زاوية الاختلاف مثلاً، انظر: Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy,* p. 116, and Edward Stewart Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut: American University of Beirut, °1983), p. 173.

كيف حُلّت المسائل الجديدة التي يتعلق بعضها بمُثلثات أياً كانت؟ لقد حصلت بعض المحاولات غير المُثمرة التي علمنا بوجودها بفضل بعض النقاد. لكن مؤلفي الجداول بدأوا بسرعة يتنافسون لتقديم حلول متنوعة. والفكرة الجديرة بالملاحظة هي من دون شك فكرة استخدام الدالات المساعدة التي سنعود إليها بصدد كلامنا عن الظل. ولقد أضيفت إلى مختلف الطرائق الهندسية طريقة ظريفة تخطيطية (تستند على إسقاط عمودي للكرة على مُستوي الزوال) اسمها التسطيح ولها ملامح من الهندسة الوصفية الحديثة(٨). كل هذا يقود إلى قواعد لحساب الأقواس المجهولة. لن تتناول هنا إلا القواعد التي تُجري استدلالات «على سطح الكرة»، كما هي الحال في كتاب **المجسطي**. إن السبيل الذي يسمح عندئذٍ بتفادي الصعوبات يرتكز بشكل طبيعي على استخدام الدوائر الواحدة بعد الأخرى إلى أن نحصل على قيمة القوس المطلوبة. لم يفطن الشُرّاح العرب خلال القرون الوسطى إلى غرابة هذه التقنية لأنها كانت مألوفة لديهم. لقد دخلت مجموعة كاملة من المصطلحات الخاصة بالأقواس المُساعدة في طور الممارسة العادية، حتى انها كادت ترسم تطور الطرق الأكثر شيوعاً. وهكذا تراكمت في «الأزياج» حتى نهاية القرن العاشر الميلادي، قواعد متنوعة قابلة للبرهان على مراحل بواسطة «مُبرهنة» منلاوس في أغلب الأحيان، وشاملة بشكل شبه دائم لنفس صيغ المثلّث الكروي القائم الزاوية.

٢ ـ نحو صيغ المُثلّث

لم يفطن أحد تقريباً لإدخال دالة الظل في القرن التاسع الميلادي. ولكن اكتشاف المُبرهنات التي حلت محل رباعي الأضلاع ترافقت، بعكس ذلك، بخصومات حول الأسبقية. تُعتبر مُبرهنة منلاوس، بلا جدال، بالنسبة إلى معاصري هذا التجديد في تقنيات علم الفلك، الصيغة الكروية الوحيدة التي استخدمها أسلافهم. ويبدو أن البحوث الرياضية، خلال القرنين الأولين، قد تركزت فعلاً حول هذه المُبرهنة. ولكن الحصول على بعض قواعد «الأزياج» قد تم بطرائق أخرى بناء على دراسة لسطح الكرة. وبدأ علماء الفلك في الوقت نفسه يتحررون من مُبرهنة منلاوس، وذلك ببرهنة مباشرة للصيغ المألوفة.

تجدر الإشارة إلى أن العديد من النصوص الفلكية المكتوبة خلال القرنين التاسع والعاشر للميلاد، لا تحوي أي برهان. وهذا ما سيُعالجه المؤلفون في دراسات لاحقة كلّما دعت الحاجة. فنحن نعرف مثلاً أن البيروني ألّف كتابين ضخمين كلاهما مفقود شرح فيهما جداول للخوارزمي ولحبش الحاسب. إنه من الواضح، كما رأينا بخصوص الميل الزاوي للشمس، أن الحصول على نفس النتيجة ممكن بطرائق مُتعددة. وكان المؤلف يستوحي طريقة

(٨) يجد القارئ وصفاً لأحد هذه التسطيحات في الفصل المخصص لـ «القِبلة» (طريقة ابن الهيثم)، انظر أيضاً ترجمة لنص للبيروني متعلق بتسطيح لحبش، في: Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences*, pp. 621 - 629.

البرهان من سياق النص. وهكذا أُثبت أن ابن يونس الذي قلد سلفيه البتّاني وحبش، قد استخدم في **الزيج الحاكمي** طرائق «في داخل الكرة»[٩]، لأن البدائل العديدة، المطروحة لحل كل مسألة، تستند على نفس التسطيح. ويُمكن أن نتساءل، عند تطبيق نفس الصيغة تكراراً على نفس الشكل الكروي البسيط، إذا كان المؤلّف يرجع في كل مرة إلى البرهان المباشر أم إلى مُبرهنة صعبة الاستخدام كمُبرهنة منلاوس، أو إذا كان ينقل القاعدة التي حصل عليها في المرة الأولى. لقد لاحظ ذلك ب. لاكي (P. Luckey) بخصوص بيانات ثابت بن قرة عن المزاول. والسؤال يُطرح أيضاً بشكل أوضح حول مجموع الحسابات الكروية **لزيج** حبش. وذلك أن مراحل الاستدلال «على سطح الكرة»، التي تتطلب حساب الأقواس المُساعدة، ترتكز على أربع قواعد بسيطة مُبيّنة منذ البداية. لقد سبق أن ذكرنا أعلاه إحدى هذه القواعد، وهي الصيغة الهندية الخاصة بالطالع المستقيم للشمس، والتي ليس لها برهان مباشر بواسطة مُبرهنة منلاوس. وإذا كانت هذه الطريقة هي الطريقة المتبعة، فإن ذلك يُفسر السهولة التي حُلت بها في هذا الكتاب مسائل تبديل الإحداثيات المحلية بالإحداثيات الاستوائية أو بإحداثيات فلك البروج.

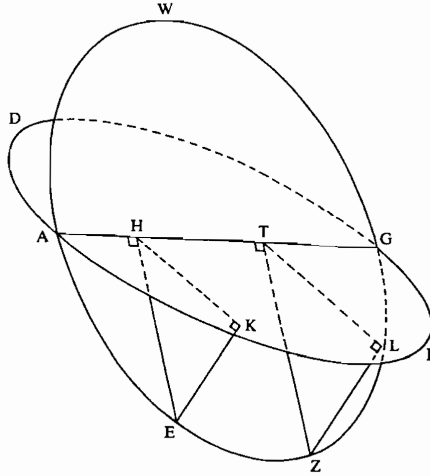
لم يعرض حبش، على كل حال، أي صيغة من صيغ المثلث. وسنتكلم فيما بعد عن أهمية المساهمة التي أداها هذا العالم الفلكي في القرن التاسع الميلادي. كان ثابت بن قُرة، الذي بلغ نشاطه كل ميادين الرياضيات والفلك، أحد العديد من المؤلّفين الذين اهتموا بمُبرهنة منلاوس. كان إثبات هذه المبرهنة معروفاً منذ ذلك الزمن في كتاب **الأُكر** لمنلاوس، وهو يملأ كل الفصل الثالث عشر من المقالة الأولى من كتاب **المجسطي**. ويقول البيروني عن «الشكل القطّاع»: «وزاد في شرحه، وتتبع العمل في أقسامه أبو العباس الفضل بن حاتم النيريزي وأبو جعفر محمد بن الحسين الخازن في شرح كل منهما لكتاب **المجسطي**. ويقول أيضاً: «وأفرد أبو الحسن ثابت بن قرة كتاباً في النسب المؤلفة وأقسامها واستعمالها، وكتاباً آخر في الشكل القطّاع وتسهيل العمل عليه. وكثير من المحدثين كابن البغدادي وسليمان بن عصمة وأبي سعيد أحمد بن محمد بن عبد الجليل السجزي وغيرهم خاضوا في هذا العالم واعتنوا به، إذ كان العمدة في علم الهيئة حتى لولاه لما توصلوا إلى الوقوف على شيء مما ذكرناه».

تُشكل القضية الأولى من الفصل الثالث من كتاب **الأكر** الصيغة الكروية الوحيدة التي وردت في كتاب **المجسطي** الشهير. وهي تسمح، من دون رموز، بدراسة رياضية لكل الحالات التي يؤدي إليها استخدام نسبة مُركبة[١٠] (الشكلان رقما (١٥ ـ ٢) و(١٥ ـ ٣)).

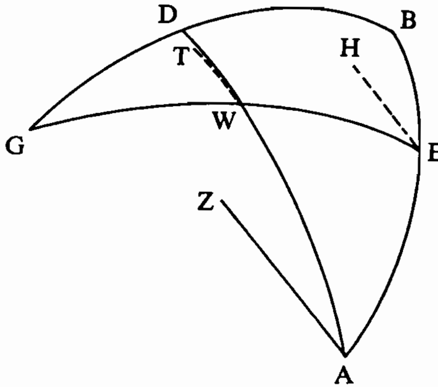
---

(٩) أي صيغ من الممكن الحصول عليها بواسطة شكل في الفضاء، كما ورد في هامش رقم (٥)، أو بواسطة التسطيح، انظر: المصدر نفسه.

(١٠) وهكذا فإن المعادلة $a/b = (c/d).(e/f)$ تُعرض كالآتي: إن نسبة a إلى b مُركبة من نسبة c إلى d ومن نسبة e إلى f. ونستنتج منها ضرورة تهيئة قواعد لحساب أحد هذه الأعداد الستة، إذا أعطينا الأعداد الخمسة الأخرى.



الشكل رقم (١٥ ـ ٢)



الشكل رقم (١٥ ـ ٣)

ولقد عُرضت هذه المُبرهنة وأُثبتت في حالتين، تبيّن في كل منهما أن نسبةً من الجيوب مُركبة من نسبتين أُخريين. هذه النسبة (الشكل رقم (١٥ ـ ٣)) هي:

$\sin \widehat{AE}/\sin \widehat{EB}$

أو $\sin \widehat{GD}/\sin \widehat{DB}$

في الحالة الأولى المسماة «التفصيل»، وهي:

$\sin \widehat{AB}/\sin \widehat{BE}$

أو $\sin \widehat{GB}/\sin \widehat{BD}$

في الحالة الثانية المسماة «التركيب»[١١].

وقد قام المؤلفون العرب بالتمييز بين مُختلف الحالات لا سيما تبعاً للقوس الذي يُبحث عن قيمته. وهكذا درس ثابت بن قرة ثماني عشرة حالة بعد أن أقام البرهان بلباقة تامة. وقد حول المُبرهنة الكروية إلى المتطابقة $a/b = (a/c).(c/b)$ التي استخدمها عبر إسقاط على خط مستقيم، بدلاً من استخدام المُبرهنة في حالة السطح المستوي[١٢]. إن أمثال هذه الدراسات

(١١) ترتيباً: $\frac{\sin \widehat{AE}}{\sin \widehat{EB}} = \frac{\sin \widehat{AW}}{\sin \widehat{WD}} \cdot \frac{\sin \widehat{GD}}{\sin \widehat{GB}}$.

و $\frac{\sin \widehat{AB}}{\sin \widehat{BE}} = \frac{\sin \widehat{AD}}{\sin \widehat{DW}} \cdot \frac{\sin \widehat{GW}}{\sin \widehat{GE}}$

(١٢) لنأخذ النسب AZ/EH و AZ/WT و WT/EH، حيث تكون النقاط Z وT وH، الإسقاطات =

تُظهر، كما نرى، الجانب العسير من المُبرهنة، وتُضفي قيمةً على الاستدلال «على سطح الكرة» في علم الفلك، وتُشكل خطوة أولى نحو إعداد تقنية رياضية خاصة.

قدم أبو العباس النيريزي، وهو أحد المؤلفين الذين ذُكروا في كتابات البيروني، طريقة لحل «مسألة القبلة» مبنية على مبرهنة منلاوس. وليس لدينا إلا القليل من النصوص التي تتضمن، مثل نص النيريزي، حسابات مبتكرة ومنجزة بوضوح بواسطة رباعي الأضلاع. ويبقى من هذه النصوص تلك التي كتبها أبو نصر بن عراق وأبو الوفاء البوزجاني. ويعدُ هذان العالمان مع أبي محمود الخجندي من أعظم الباعثين للتجديد الذي حصل في نهاية القرن العاشر الميلادي. ولم يتم الحصول على نتائج رياضية مُتوسطة قبل اكتشاف ما سمّي، على وجه التقريب، المبرهنة العامة للجيوب[١٣]. وقد أُشير إلى إمكانية وجود أصل واحد مُشترك لتفسير التطابق بين النتائج التي حصل عليها علماء الفلك الثلاثة في ثلاث مدن مختلفة: خوارزم وبغداد وريّ. ولكن هذه الفرضية تتعارض مع ما ذكره البيروني في كتابه **مقاليد علم الهيئة**[١٤] الذي كرّسه لعرض مبرهنات جديدة. إن التشابه في بيانات المسائل التي كتبها هؤلاء الثلاثة راجع، في الحقيقة، إلى محتوى النصوص الفلكية. وليس من المصادفة، على أرجح تقدير، أن تكون مجموعات الصيغ الثلاث المخصصة لتحل محل مبرهنة منلاوس، مطروحة في إطار دراسات فلكية مهمة.

يبقى اسم أبي محمود الخجندي (ت حوالى ١٠٠٠م) مرتبطاً بالسُدسية الفخرية التي بنيت في مدينة ريّ القريبة من طهران الحالية تحت رعاية السلطان البويهي الثري فخر الدولة، وكانت مدرّجة بدقائق الأقواس وذات علو يزيد على عشرين ذراعاً. ولقد وصف البيروني هذه الآلة الجميلة التي سنحت له الفرصة بتفحُصها مع أبي محمود. وأشار البيروني في كتابه **مقاليد علم الهيئة** إلى المناقشات التي دارت في ذلك الوقت ضمن المُجمع العلمي

= العمودية، ترتيباً، للنقاط A وW وE على المستوى GDB، انظر الشكل رقم (١٥ ـ ٣). يطبق ثابت بن قُرة على هذه النسب قضية كان قد أثبتها بواسطة تشابه بين مثلثين قائمَيْ الزاوية، انظر الشكل رقم (١٥ ـ ٢):

$$(\sin \widehat{AE}/\sin \widehat{AZ} = EK/ZL).$$

(١٣) ظهرت المبرهنة المعروفة باسم «قاعدة المقادير الأربعة» في نفس الحقبة من الزمن. انظر الشكل رقم (١٥ ـ ٨)، حيث: $\sin g/\sin g' = \sin a/\sin a'$.

وانظر الشكل رقم (١٥ ـ ٧) (وهو مقتبس من كتاب **الرسالة**) حيث:

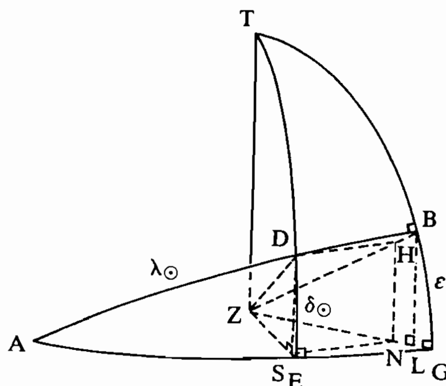
$\sin \widehat{AB}/\sin \widehat{BG} = \sin G/\sin A$ أي أن $BM/BL = EH/DS$

تُستنتج من: $(BM/BN).(BN/BL) = (DZ/DS).(EH/EZ) = (R/DS).(EH/R)$ بينما يتطابق BN وDS، وهما العمودان على AGZ مع BM و DZ ترتيباً، عندما تصبح الزاوية A قائمة. انظر الشكل رقم (١٥ ـ ٦)، (وهو مقتبس من كتاب **السموت** *(Azimuts)*) حيث نستنتج:

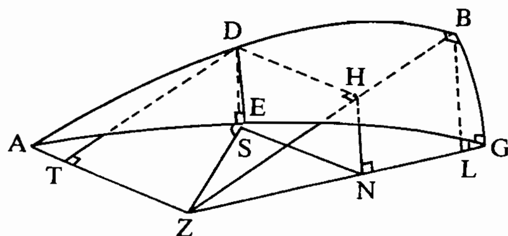
$\sin \widehat{DH}/\sin \widehat{ZB} = \sin \widehat{GH}/\sin \widehat{GZ}$ من $HT/ZL = HK/ZE$

(١٤) انظر: Al-Bīrūnī, *Kitāb maqālīd 'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du X^e siècle.*

الصغير لمدينة ريّ، حول إحدى المبرهنات. فقد سمّى الخجندي هذه المبرهنة «قانون الفلك» وتخاصم مع أبي الوفاء حول الأسبقية في اكتشافها. وهي تتعلق بالصيغة التي نعرفها باسم «قاعدة المقادير الأربعة»[١٥]. ولقد قدّم الخجندي إلى البيروني كتاباً حول رصد الكواكب أثبت في بدايته هذه المبرهنة، واستخدمها بعد ذلك في مختلف أقسام الكتاب. واقتبس كوشيار بن لبّان، وهو عالم فلكي آخر من مدينة ريّ، في أحد مؤلفاته ما كتبه الخجندي عن المبرهنة وعدله وسمّى المبرهنة باسم «الشكل المُغني»[١٦] الذي عُرفت به فيما بعد. إن برهان الخجندي الطويل يختلف كثيراً، كما يُلاحظ البيروني، عن برهان أبي الوفاء، وهو يستخدم، خلافاً للبرهان الأخير، الأشكال المتشابهة والمتميزة بالرباعي القائم الزاوية التي استطاع بواسطتها أبو العباس النيريزي (ت حوالى ٩٢٢م) وأبو جعفر الخازن (ت حوالى ٩٦١ ـ ٩٧١م) الحصول على القواعد الواردة في كتاب **المجسطي** «بطريقة أكثر بساطة»[١٧] (الشكلان رقما (١٥ ـ ٤) و(١٥ ـ ٥)). وهكذا توصلت فلكيات الأزياج بطرائق مختلفة إلى نفس صيغ المثلث. ولم يكن أبو محمود الخجندي رياضياً من الدرجة الأولى. لذلك فإن



الشكل رقم (١٥ ـ ٤)



الشكل رقم (١٥ ـ ٥)

---

(١٥) انظر الشكل رقم (١٥ ـ ٨)، حيث: $\sin g/\sin g' = \sin a/\sin a'$.

(١٦) كلمة شكل هنا تعني مُبرهنة.

(١٧) قارن الشكل رقم (١٥ ـ ٤) المقتبس عن النيريزي والخاص بالميل الزاوي للشمس حيث تُفضي المعادلة $HN/ZH = BL/ZB$ إلى $\sin \delta_\odot/\sin \lambda_\odot = \sin \varepsilon/R$، مع الشكل رقم (١٥ ـ ٥) المقتبس عن الخجندي الذي استنتج $\frac{\sin \widehat{DE}}{\sin \widehat{AD}} = \frac{\sin \widehat{BG}}{\sin \widehat{AB}} = \frac{\sin \widehat{D'E}}{\widehat{AD'}}$ من المعادلة $\frac{HN}{ZH} = \frac{BL}{ZB}$ بعد أن استبدل النقطة D بنقطة أخرى D'. انظر: المصدر نفسه، ص ١٤٨ ـ ١٤٩ و١٣٨ ـ ١٤١.

الإصلاح الضروري سيتم بفضل أعمال أبي نصر بن عراق وأبي الوفاء البوزجاني.

٣ ـ مبرهنات أبي نصر وأبي الوفاء

إن تبسيط التقنيّات الفلكية الذي حصل في عصر البيروني، قد تم حسب رأي البيروني ومعاصريه، بفضل «شكل». ويُمكن أن نُثبت أن هذا «الشكل» كافٍ ليحل محل رباعي الأضلاع. أما العبارة البليغة التي تُطلق عليه، وهي «الشكل المغني»، فتشمل القسم الضروري من المبرهنة ـ قاعدة المقادير الأربعة والعلاقة بين جيوب المثلّث القائم الزاوية ـ والقسم الإضافي الجديد بالملاحظة مع أنه أقل أهمية، وهو المعروف بالمبرهنة العامة للجيوب. وهناك صيغة أخرى وهي قاعدة الظلال لأبي الوفاء[١٨] التي حملت اسم «الشكل الظلّي». أما منهج أبي نصر فهو مختلف تماماً عن منهج أبي الوفاء.

لم يترك الأمير أبو نصر بن عراق (ت حوالى ١٠٣٦م)، كما فعل تلميذه المشهور أبو الريحان البيروني (الذي وُلد سنة ٩٧٣ وتُوفي بعد سنة ١٠٥٠م)، أعمالاً شاملة لكل ميادين المعارف في عصره. وكتاباته تختصُ بعلم الفلك وخاصة الرياضي منه، وببعض المواضيع في الهندسة. وهو الذي أنجز الترجمة الأولى الكاملة لكتاب **الأكر** لمنلاوس. وكان أسلافه قد تركوا هذا العمل بسبب بعض الصعوبات التي لاقوها في المقالة الثالثة من هذا الكتاب. وهذه الترجمة تعتبر الأقرب إلى النص اليوناني الذي هو مفقود اليوم. لقد فطن هذا الرجل العالي المكانة إلى الميزات الاستثنائية للشاب أبي الريحان الذي تتلمذ على يديه في الرياضيات. ولقد طال تعاونهما في خوارزم قبل أن يتقاسما المنفى، مع علماء آخرين من الكاث، في غزنة في بلاط محمود القائد النافذ للإمبراطورية الغزنوية الجديدة. ويرجع كتاب **المقاليد** إلى الفترة الخوارزمية. وكان أبو الوفاء البوزجاني (٩٤٠ ـ ٩٧٧ أو ٩٧٨م) في تلك الفترة يتمتع بشهرة عظيمة. وكان قد جاء في صباه إلى بغداد حيث كان له أقارب فلكيون، واستقر فيها وكرس حياته لعلم الفلك وللرياضيات. ولقد ذكر البيروني أرصاد أبي الوفاء، وتعاون معه في رصد خسوف القمر في وقت واحدٍ، وذلك لاستنتاج الفارق في الطول بين بغداد والكاث. ولقد ألف أبو الوفاء أيضاً كتباً متنوعة نظرية وتطبيقية في الرياضيات. ويحتل حساب المثلثات مكاناً مهماً من كتابه **المجسطي** الذي ألفه في أواخر حياته والذي ربما بقي ناقصاً. وذلك أن المخطوطة الوحيدة الموجودة لدينا تحتوي بالضبط على المؤلفات السبعة التي ذكرها البيروني.

لقد وصف البيروني الظروف التي رافقت إدخال المبرهنات الجديدة. فقد أُثبتت في أول الأمر علاقتان في المثلّث القائم الزاوية من قبل أبي نصر في كتابه **السموت**. قصد أبو نصر أن يبرهن من جديد قواعد مختلفة مجمعة من قبل أبي سعيد السجزي، وذلك بتطبيق

---

(١٨) انظر الشكل رقم (١٥ ـ ٨)، حيث: $\sin b/\sin b' = \tan a/\tan a'$.

مبرهنة منلاوس على الأخص. ولكن نص الكتاب غامض، حتى أن بياني الصيغتين لم يعرضا. وانتقد أبو الوفاء استخدام رباعي الأضلاع والنسبة المركبة في كتاب أبي نصر الذي أرسل إليه في بغداد. وقال إن الطرائق التي استخدمها هو (أي أبو الوفاء) في كتابه **المجسطي** هي أكثر إيجازاً وأفضل من تلك التي استخدمها أبو نصر. فكتب أبو نصر «رسالة»[١٩] مهداة إلى البيروني يعرض فيها الأفكار التي لم يستطع توسيعها في كتاب **السموت**. وتعرف هذه الرسالة باسم **رسالة في القُسِيّ الفلكية**، وهي، بالنسبة إلى أبي نصر، **كتاب في المثلّثات الكروية**، وهذا عنوان أكثر توافقاً مع محتواها. واستلم البيروني، بعد ذلك بسنة، المقالات السبع الأولى من كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء. ويشير كتاب **المقاليد**، الذي حرر بعد ذلك بفترة قصيرة، إلى هذه المجادلة الكتابية. وهذا ما يشهد على الأهمية التي أعطيت لهذا الحدث، وعلى حيوية النشاط الذي ساد في المراكز العلمية المتناثرة في الأمبراطورية العباسية من أدناها إلى أقصاها. لنرجع الآن إلى بيانات **الرسالة** وإلى البيانات الواردة في الفصل الأول من المقالة الثانية من كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء.

يبدأ كتاب **الرسالة** بعرض المبرهنة العامة للجيوب: «نسبة جيوب الأضلاع في المثلث الكائن من قسي عظام على سطح الكرة، بعضها إلى بعض، على نسبة جيوب الزوايا التي تقابلها، بعضها إلى بعض، النظير إلى النظير».

أثبت أبو نصر أربع صيغ مختلفة وطبقها على مسائل **المجسطي**:

- المبرهنة العامة للجيوب:

$$sin\ a/sin\ A = sin\ b/sin\ B = sin\ g/sin\ G \qquad (١)$$

- العلاقة الخاصة بالمثلّث القائم الزاوية (في G):

$$sin\ a/sin\ A = sin\ g/R\text{،} \qquad (٢)$$

والعلاقتان التاليتان[٢٠] الخاصتان بمثلث قائم الزاوية في G، والقريبتان من الصيغة:

$$cos\ A = cos\ a.sin\ B$$

---

(١٩) المقصود هو كتاب **القسي الفلكية** الذي تُرجم وحُلل من قبل: Paul Luckey, «Zur Entstehung der Kugeldreiecksrechnung,» *Deutsche Mathematik*, Bd. 5 (1941), pp. 405-446.

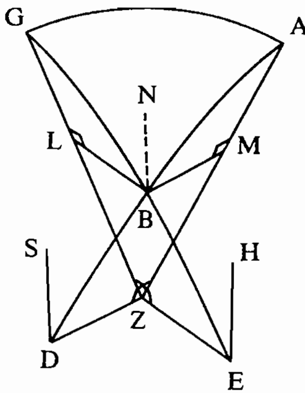
انظر ما ورد عن أبي نصر في المراجع وكذلك: أبو نصر منصور بن علي بن عراق، **رسائل أبي نصر بن عراق إلى البيروني** (حيدر آباد، الدكن: مطبعة جمعية دائرة المعارف، ١٩٤٨). أضف إلى ذلك أن البيروني أورد، بشكل كامل، أغلب براهين أبي نصر وبراهين أبي الوفاء. انظر: Al-Bīrūnī, *Kitāb maqālīd 'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du Xᵉ siècle*, pp. 110-137.

(٢٠) نرمز هنا لجيب التمام بـ cos وبـ $\delta_B(x)$ لميل القوس x عندما يكون الميل الزاوي الأعظم للشمس مساوياً لـ B.

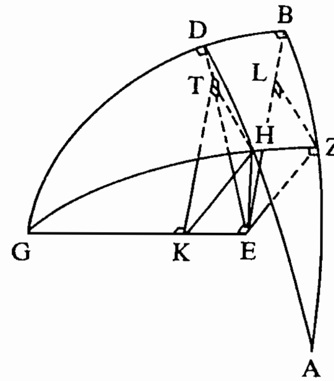
$$cos a/cos A = sin\ g/sin\ b \qquad (٣)$$

$$90° - A = \delta_B(90° - a) \qquad (٤)$$

ولقد تم إثبات مبرهنة الجيوب بشكل مباشر لا يخلو من اللباقة. وهذا الإثبات يشمل الحالة الخاصة التي تُعطي العلاقة (٢) التي سبق أن ورد برهانها في كتاب **السموت**(٢١) (الشكلان رقما (١٥ ـ ٦) و(١٥ ـ ٧)). ويتمّ، في كتاب **الرسالة**، استنتاج العلاقة (٣) الواردة في كتاب **السموت**، والعلاقة (٤) الواردة في **الرسالة**، مباشرة من العلاقة (٢) بواسطة بعض المثلّثات الكروية.



الشكل رقم (١٥ ـ ٧)



الشكل رقم (١٥ ـ ٦)

إن كل صيغ أبي نصر تُعبر عن علاقات في المثلّث. ولكن مبرهنة أبي الوفاء المزدوجة الأساسية، تربط بعكس ذلك بين أقواس مشكّلة من مثلّثين قائميْ الزاوية: لنأخذ قوسين من دائرتين عظيمتين متقاطعين على سطح كرة، ولنأخذ على أحدهما نقاطاً اختيارية. فإن أنساب جيوب الأقواس المحصورة بين هذه النقاط ونقطة التقاطع، متناسبة ترتيباً مع أنساب جيوب المُيول الأولى وظلال الميول الثانية.

(القوس BG هو ميل AB بالنسبة إلى القوس AG، وكذلك $B'G'$ هو ميل AG' في الشكل رقم (١٥ ـ ٨)).

ونحن نحصل من الشكل رقم (١٥ ـ ٨) على:

ـ قاعدة المقادير الأربعة:

$$sin\ g/sin\ g' = sin\ a/sin\ a' \qquad (٥)$$

---

(٢١) انظر ما ذكرنا حول الشكلين رقمي (١٥ ـ ٦) و (١٥ ـ ٧) في الهامش رقم (١٣) السابق.

الشكل رقم (١٥ ـ ٨)

ـ قاعدة الظلال:

$$\sin b/\sin b' = \tan a/\tan a' \qquad (٦)$$

ويمكن أن نستنتج من (٥):

ـ علاقة تخصُ المثلث القائم الزاوية (في G):

$$\cos g/\cos a = \cos b/R \qquad (٧)$$

ـ والمبرهنة العامة للجيوب (١) $\sin a/\sin b = \sin A/\sin B$ التي يُحصل عليها بدون استخدام الصيغة (٢). أما إثبات جُزأي المبرهنة الأساسية فيتمُ مباشرة. والجزء الأول يُبرهن بطريقتين، إحداهما مستوحاة من إثبات مبرهنة منلاوس الوارد في كتاب **المجسطي**(٢٢) (الشكل رقم (١٥ ـ ٩)).

الشكل رقم (١٥ ـ ٩)

إن النماذج المعدة من قبل أبي نصر وأبي الوفاء ذات منطلقات مختلفة. وهي تقتصر، من وجهة النظر التطبيقية على أربع مبرهنات: «الشكل المُغني» [الصيغ (١) و(٢) و(٣)]، و«الشكل الظلي» [الصيغة (٦) التي تأخذ أيضاً الشكل $\sin b/R = \tan a/\tan A$]، ومبرهنتين أخريين أقلُ أهمية هما الصيغة (٧) والبديلتين (٣) و (٤) للعلاقة

---

(٢٢) إن الشكل رقم (١٥ ـ ٩) المتعلق بقاعدة الظلال يخص الطريقة الأخرى، وهي من النوع الوارد في كتاب **السموت**، والعلاقة:

$\sin \widehat{AD}/\sin \widehat{AB} = \tan \widehat{DE}/\tan \widehat{BG}$ مُكافئة لِ $MD/KB = DY/BH$.

$sin\ B/R = cos\ A/cos\ a$. إن هذه الصيغ المستنتجة من قواعد «الأزياج» تُلبي بوفرة حاجات الحساب الفلكي. وهذا ما بينه البيروني في **المقاليد**، إذ إنه حل كل المسائل المتعارف عليها، استناداً إلى «الشكل الوحيد الذي يغني عن رباعي الأضلاع». إن الحساب الكروي الذي عُولج بطرائق كثيرة في المقالات الثانية حتى الخامسة من كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء، يظهر فعالية ومرونة الصيغ الواردة في الفصل الأول من المقالة الثانية. وقد عرض المؤلفون العرب، فيما بعد، العلاقات الست للمثلّث القائم الزاوية، ولكن النصوص الفلكية احتفظت فقط بالأداة التي ابتكرها أبو الوفاء وأبو نصر. وهذا ما نشهده في كتاب **الزيج الخاقاني** لغياث الدين جمشيد الكاشي (ت ١٤٢٩م)، وهو أحد أواخر العلماء الرياضيين والفلكيين في الإسلام. ولقد طبّقت في هذا الكتاب، المبرهنات الثلاث الأولى فقط، وخاصة قاعدة المقادير الأربعة. إن أحد أشهر كتب علم الفلك في المغرب العربي، وهو **إصلاح المجسطي** لجابر بن أفلح الإشبيلي (القرن الثاني عشر الميلادي)، لا يستخدم أبداً مفهوم الظل. إن هذا الكتاب الذي ترجم إلى اللاتينية هو أحد مصادر كتاب ***De triangulis*** الذي ألفه ريجيومونتانوس (Regiomontanus) (١٤٣٦ ـ ١٤٧٦م). ولقد عرفت العلاقة $sin\ B/R = cos\ A/cos\ a$ التي وردت في كتاب جابر، في الغرب تحت اسم مبرهنة جابر (Théorème de Geber)[٢٣].

٤ ـ دالّـة الظـل

إن مفهوم المثلّث هو ركيزة علم المثلّثات لدى أبي نصر. ولقد تواصل من بعده تبنّي المثلث كهيئة أساسية في كل مؤلفات علم المثلّثات. أما دالّة الظل فقد دخلت بشكل نهائي في الحسابات الفلكية، بفضل «الشكل الظلّي» الذي ابتكره أبو الوفاء. لم تظهر فكرة استخدام نسبة الجيب إلى جيب التمام، على الرغم من بساطتها، ولم تتحرر من مفهوم ظل شاخص المزولة القريب من مفهوم الظل، إلا بعد زمن طويل. ولا يبدو أن مفهوم الظل قد استُحدث من مفهوم ظل شاخص المزولة، على الرغم من استخدام كلمة الظل في كلتا الحالتين. فقد ظهرت دالة الظل بطريقة غير مباشرة، كما توجد أمثلة أخرى على ذلك في تاريخ الرياضيات، بعد ظهور دالات مساعدة أكثر تعقيداً. وقد برزت هذه الدالات من تحليل الحسابات الكروية.

يدهش المرء، عند قراءة النصوص التي سبقت إدخال دالّة الظل، من كثرة المناسبات التي كان يمكن استغلالها لتعريف هذه الدالّة وكتابة جدول لها. فمبرهنة منلاوس تتطلب استخدام دالّة الظل في بعض تطبيقاتها. ولم يكن هناك جدول يعطي، تبعاً لمقادير α، قيم $tan\ \alpha$ أو ما يعادل قسمة وتر 2α على وتر الزاوية المكملة لـ 2α. لذلك فإن حساب عرض

(٢٣) الكتابة اللاتينية لجابر.

المكان φ، في كتاب **المجسطي**، تبعاً لأطول يوم من أيام السنة، لم يكن يتم وفقاً للعلاقة $tan\ \varphi = sin\ (max\ d_{\odot}).cos\ \varepsilon$. أما العلاقة التي تعادل، لو استخدمنا الأوتار، العلاقة الأكثر شمولاً $sin\ d = tan\ \varphi\ .\ tan\ \delta$، فكانت تطبق عدة مرات لتحديد معادلة اليوم d(٢٤). وقد سهّلت جداول الظلال أيضاً حساب زاوية مثلّث مستو (مسطّح) قائم الزاوية، عندما يعطى ضلعا الزاوية القائمة. وهذه المسألة تطرح بصدد هيئات الكواكب، وخاصة عند تركيب جداول المعادلات. وكذلك يتطلب حساب ارتفاع الشمس استناداً إلى ظل شاخص المزولة، استخدام مبرهنة فيثاغورس بشكل تكراري مع استخراج جذر تربيعي. ولقد رأينا سابقاً الدور المتعاظم للإحداثيات المحلية في علم الفلك الهندي والعربي.

إن حساب ارتفاع الشمس، في النصوص العربية الأولى، يعتمد على وتر المثلث المحدد بشاخص المزولة وبظل الشاخص أي «قطر الظل». وإذا كان الشاخص g عمودياً وكان ظله على سطح أفقي مساوياً لـ o فإن ارتفاع الشمس h يحسب وفقاً للعلاقة $sin\ h_{\odot} = Rg/d$، مع $d = \sqrt{g^2 + o^2}$. وهكذا يمكن وضع جدول بمقادير الظل تبعاً لمقادير الارتفاع. يقسم الشاخص غالباً إلى اثني عشر إصبعاً، وذلك وفقاً لتقليد هندي. كما توجد تقسيمات أخرى للشاخص، كأن يقسم مثلاً إلى ستة أقدام ونصف، أو إلى سبعة أقدام، أو إلى ستين جزءاً. ونجد في **زيج** الخوارزمي (مؤلف كتاب **الجبر والمقابلة** في بداية القرن التاسع الميلادي) وفي **زيج** البتّاني (الرقّة، نهاية القرن التاسع الميلادي) جدولاً ذا منزلتين بالظلال الخاصة بشاخص مزولة طوله ١٢ اصبعاً وهذا يعني أن هذا الجدول يخص الدالة $\alpha \leftarrow 12.cot\ \alpha$ تبعاً لمقادير الارتفاع بالدرجات. والجدول في كل من الكتابين طُبّق فقط على مقادير الظل الموافقة لمقادير الارتفاع، والعكس صحيح. أما طول الشاخص فهو اختياري كطول شعاع الكرة، وله وحدات خاصة به. وهذا ما يمنع، كما يبدو، ظهور أية فكرة للتعميم ولإدخال الدالة المفيدة tan أو $R\ .\ tan$. ولم يكن في **زيج** حبش الحاسب، الذي ظهر في نفس الحقبة من الزمن، جدول بمقادير ظلال الشمس. فهو يحسب الارتفاع، بواسطة «قطر الظل» التقليدي، لشاخص مزولة طوله اثنا عشر إصبعاً. ولكن هذا المؤلف، وهو من دون شك أحد أهم كتب القرن التاسع الميلادي التي وصلت إلينا في علم الفلك، يحوي المفهوم العام لظل القوس بما فيه تعريف الظل وجدول تطبيقاته المتنوعة. إن الطريقة التي أدخل بها حبش الحاسب هذا المفهوم، تدلُ على أنه لم يقتبسه عن أحد أسلافه. إن لنص حبش، حسب رأينا، أهمية كبرى بغض النظر عن نتيجة التحقُق من المسألة الصعبة التي تخصُ الأسبقية أو المكانة التي ينبغي منحها لجداول ظل الشمس. فمضمون هذا النص يفسر إدخال الدالّة الجديدة، والاهتمام القليل الذي لاقته، وهذا ما لا يخلو من المفارقة، قبل أن تحتل في **الأزياج** مكاناً مضاهياً لمكان دالّة الجيب.

---

(٢٤) انظر تعريف هذه الأقواس، في: Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, p. 61.

ينتمي أحمد بن عبد الله حبش الحاسب المروزي إلى ذلك الجيل من علماء الفلك الذين اكتشفوا **المجسطي** بعد أن تمكنوا من الطرائق الهندية. كان حبش معاصراً للخوارزمي وللبتّاني اللذين ترجمت أعمالهما إلى اللاتينية بينما بقي حبش شبه مجهول من قبل العالم الغربي في القرون الوسطى. لقد لفتت أعمال البيروني خاصة، وهي المصدر القيّم والأكيد، انتباه المؤرخين إلى هذا العالم الذي كثر ذكره في المراجع. ولكن، لم يبق من كتابات حبش التي تتعلق كلُها بعلم الفلك، إلا كتاب **الزيج الممتحن** في مخطوطة مشوشة لسوء الحظ الذي حرّره على الأرجح في أواخر حياته بعد سنة ٨٦٩م. إن هذا الكتاب يبرّر، وحده، إعطاء لقب الحاسب إلى هذا العالم البغدادي. والكتاب كأي مؤلّف في علم الفلك، مكوّن من مجموعة من القواعد والجداول، وله تركيبه الخاص به الذي يختلف عن تركيب كتاب **شرح المجسطي**، ومع ذلك فهو منبثق بشكل واضح عن تأمُلات بالأفكار الرياضية الأقل وضوحاً في كتاب **المجسطي**. ويمكن أن نذكر على سبيل المثال، التطبيق الذي أجراه حبش للصيغة $sin^2\ \theta = 1 - cos\ 2\theta/2$ التي استخدم بطلميوس ما يعادلها هندسياً لبناء جدول الأوتار. فقد اقتبس منها حبش طريقة مبتكرة لاستخراج الجذر التربيعي بواسطة جدول الجيوب. ولقد جهد حبش في تحسين تقنيّات **المجسطي** المختلفة. فنحن نراه يسدُ نواقص الحساب الكروي، ويطوّر الطرائق التكرارية، ويُوسّع مجال استخدام الدالات الاستكمالية الموجودة في جداول المعادلات، مقتبساً ذلك عن المصادر الهندية. وربما اقتبس عن بطلميوس فكرة مثيرة للاهتمام وهي فكرة وضع جدوله المشهور **جدول التقويم** الذي سنتحدث عنه قبل أن نعود إلى دالّة الظل.

تطبق طرائق الاستكمال في **المجسطي** على بعض الدالات الخاصة التي لها متغيران، من أجل الحصول على مقاربة جيدة تجعل دور المتغير الأقل تأثيراً يقتصر فقط على قيمتيه القصويين، وذلك لتحاشي الجدولة المملة[٢٥]. والدالات الأربع التي يتركب منها **جدول التقويم** لحبش الحاسب ناتجة عن معالجة عبارات ذات وسيطين. ولا نجد أي شرح لتركيب الجدول، ولكن ذلك يظهر بوضوح بفضل التشابه بين أهم تطبيقاته. وهكذا فإن النموذج التالي:

$$sin\ \delta = [sin\ (\beta + f_1(\lambda)).f_2(\lambda)]/R \quad sin\ \Delta\alpha = f_3(\lambda).f_4(\delta)/R$$

يستخدم لتحديد الإحداثيات الاستوائية (α, δ)[٢٦] لنجم ذي إحداثيات (λ, β) معطاة

---

(٢٥) انظر: المصدر نفسه، ص ٩٣ - ٩٥ و١٨٣ - ١٨٤.

(٢٦) كما ورد في كتاب **المجسطي**، القوس $\Delta\alpha$ الذي نحصل عليه يساوي الفرق بين الطالع المستقيم المطلوب، α، والقوس $\alpha^{-1}(\lambda)$ الذي نحصل عليه مباشرة من جدول الطالع المستقيم للشمس $(\alpha : \lambda_\odot \to \alpha_\odot)$. أما بخصوص هاتين الصيغتين والصيغتين اللتان تليهما، فمن المستحيل الدخول في تفاصيل الطريقة المتبعة. انظر: Al-Bīrūnī, *Kitāb maqālīd 'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du Xᵉ siècle*, pp. 55-57.

بالنسبة إلى فلك البروج. ولم يكتف حبش بإجراء التبديل العكسي للإحداثيات بل حسب الزاوية المتممة $\overline{v}$ للزاوية بين فلك البروج والأفق، وحسب معادلة اليوم $d_{\odot}$ للشمس مباشرة، تبعاً للمعطيات الأولية أي خط العرض φ والوقت الزوالي α_M والطول $\lambda_{\odot}$، بواسطة الصيغتين:

$$sin\ \overline{v} = [sin\ (\varphi - f_1(\alpha_M)].f_2(\alpha_M)]/R, \quad sin\ d_{\odot} = f_3(\lambda_{\odot} - 90°).f_4(\varphi)/R$$

إن التشابه الذي ندركه، بين هذه المسائل بطريقة أو بأخرى، راجع إلى إمكانية وضع عناصر كل مسألة على نفس الشكل الذي يحتوي على فلك البروج وخط الاستواء ودائرتين كبريين متعامدتين تمران بالنجم أو بسمت رأس المكان. وتكمن هنا الميزة المهمة لمجموعة الدالات التي ابتكرها حبش إذ يمكن تطبيق هذه الدالات المساعدة على متغيرات مختلفة، بينما لا تعطي الجداول المعتادة في المؤلفات الفلكية إلا نتيجةً لحساب معين أو لمرحلة من حساب. وتؤدي هذه الدالات في نفس الوقت إلى تبسيط أكبر من ذلك الذي ينتج عن استخدام الدالات البسيطة للمثلّثات، وذلك لأنها تأخذ في الحسبان ميل فلك البروج. لم يعط حبش تعريفات هذه الدالات. والدالّة الرابعة، f_4، تنطبق على دالّة الظل مضروبة بمُعامل معين[٢٧].

لقد شرح المؤلّفون العرب **جدول التقويم** الذي كتبه حبش الحاسب، وقلدوه. ولقد قام أبو نصر بتحليل كامل لهذا الجدول ولتطبيقاته، واستوحى منه كتابه **جدول الدقائق**، وهو مجموعة من خمس دالات مساعدة[٢٨]. وذكر أبو نصر شرحاً قام به الخازن وجدولاً من نفس النوع للنيريزي. دفع تطوُر الحساب الكروي إلى مواصلة البحث عن دالاّت مساعدة. واتخذ هذا البحث أشكالاً متعددة. وربما لا يمثل كتاب **جدول التقويم** المحاولة الأولى في هذا المجال. بعض هذه الدالات المجدولة مثلثيّ صرف كالجيب المعكوس (أي الدالة العكسية للجيب) الذي سمي قديماً قاطع التمام. وهذا يعني أن دالة الظل لم تتميز

---

(٢٧) تُوجد بوضوح عدة تعابير مُعادِلة لكل من هذه الدالاّت الأربع. وهكذا نحصل على:

$$f_4(x) = sin\ x.sin\ \epsilon/sin\ (90° - x) = R.sin\ \delta(x)/sin\ (90° - x)$$

إذا طبقنا صيغة الميل الزاوي للشمس التي سبق ذكرها. وإذا أدخلنا المصطلحات التالية:

$$\overline{x} = 90° - x, \delta : \lambda_{\odot} \rightarrow \delta_{\odot}, \alpha : \lambda_{\odot} \rightarrow \alpha_{\odot}$$

يبدو أن الصيغ التي استخدمت في تركيب هذا الجدول هي:

$f_2 : x \rightarrow sin\ [\overline{\delta(x + 90°)}]$ و $f_1 : x \rightarrow \delta(\alpha^{-1}(x))$

و

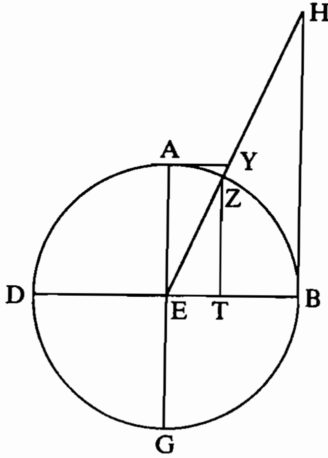
$f_4 : x \rightarrow R.sin\ \delta(x)/sin\ \overline{x}$ و $f_3 : x \rightarrow R.sin\ \overline{x}/f_2(x)$

انظر: المصدر نفسه، ص ٥٦ ـ ٥٧.

(٢٨) نُشر هذان النصان ضمن مجموعة أبي نصر. انظر: ابن عراق، **رسائل أبي نصر بن عراق إلى البيروني**، و Rida A. K. Irani, «The *Jadwal at-Taqwīm* of Ḥābash al-Ḥāsib,» (Unpublished M. A. Dissertation, American University of Beirut, 1956).

كثيراً عند إدخالها عن الدالات المساعدة الأخرى، على الرغم من تطبيقاتها الممكنة في مبرهنة منلاوس أو في بعض حلول المثلثات المستوية. ولقد عُرض مفهوم ظل القوس في **زيج حبش** في فصل قصير بمناسبة تغيير للإحداثيات، ووُصف بأنه كثير الفائدة. استعان حبش في أول الأمر بمثلين حسابيين لتعريف «ظل» (سنرمز للظل هنا بـ tan) عرض المكان ϕ وظل تمام عرض المكان $\overline{\phi}$ بواسطة الصيغتين $tan\ \phi = R.sin\ \phi / sin\ \overline{\phi}$ و $tan\ \overline{\phi} = R.sin\ \overline{\phi} / sin\ \phi$. وتشكل هذه الطريقة في التعريف استناداً إلى حالة خاصة، خروجاً عن الأسلوب الذي اتُبع في عرض مفهومي الجيب والجيب المنكوس. ومفهوم الظل بحد ذاته عام لأن الجدول يطبق لحل عدة مسائل. وإحدى هذة المسائل تخص مثلثات مسطحة وتتعلق بمعادلة الشمس. ويحتوي «جدول الظل» (الدالة $R.tan$) الوارد في **زيج حبش** على ثلاث قوائم بظلال الأقواس التي تتزايد مقاديرها بأنصاف الدرجات من $0°\ 30'$ إلى $89°$.

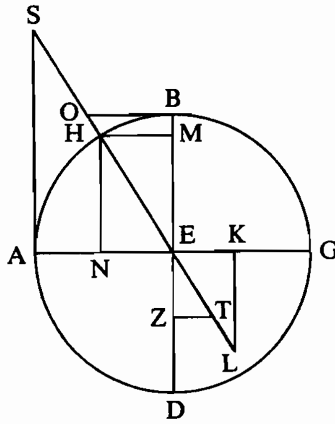
لم يكن مفهوم «الظل» في عداد المفاهيم المألوفة خلال الفترة التي ظهر فيها كتاب **المقاليد**. وقد عرفت تلك الفترة، بالتأكيد، بعض المؤلفين، كابن يونس (ت ١٠٠٩م)، الذين لم ينتبهوا إلى أهمية الدالة التي وضع حبش جداول لها. فقد عاد عالم الفلك القاهري، في كتابه **الزيج الحاكمي** حيث يحتل الحساب الكروي مكاناً مهماً، إلى استخدام جدول ظل الشمس (الدالة $h_{\odot} \rightarrow g.cot\ h_{\odot}$) وحسابات الظل تبعاً للارتفاع، وبالعكس. أما البيروني، فهو يبين، عند عرضه لقاعدة الظلال في كتاب **المقاليد**، ما يقصد بـ«ظل» القوس ولكنه لا يعطي أي تعريف للجيب. وهو يقوم بذلك معدلاً ما عرضه أبو الوفاء، بغية التمييز بين «ظل» القوس وبين نوعين من ظلال شاخص الساعة الشمسية[٢٩] (الشكلان رقما (١٥ ـ ١٠) و(١٥ ـ ١١)). ونرى أيضاً، في الفترة نفسها، الخجندي وكوشيار، وهما عالما الفلك في مرصد ري، يرفضان مبرهنة أبي الوفاء للظلال بحجة أن استخدام جدول «الظلال» غير صحيح بسبب التزايد السريع



الشكل رقم (١٥ ـ ١٠)

---

(٢٩) قارن بين الشكل رقم (١٥ ـ ١٠)، المقتبس عن كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء، والشكل رقم (١٥ ـ ١١) للبيروني الذي نرى عليه، في الوضع المعتاد، الظل «المنكوس» KL للشاخص EK والظل «الممدود» ZT لـ EZ اللذين يُستخدمان في إدخال الظل AS للقوس $\widehat{AH}$ ولظله «الممدود» BO.



الشكل رقم (١٥ ـ ١١)

لفروقاتها. وهذا التزايد ناتج عن استطالة ظلال الشاخص. إن مصطلح «الظل» هذا المقتبس عن صناعة المزاول مشحون فعلاً بالمعاني. وهذا ما يظهره كتاب البيروني **الظلال**[٣٠] الذي حرر بعد عشرين سنة من تحرير كتاب **المقاليد**. فالبيروني يجمع فيه مختلف الإيضاحات عن الظلال وقياساتها، وعن استخدامها لرسم خط الزوال ولتحديد مواقيت الصلاة ولتقدير المسافات، . . . إلخ، قبل أن يشير إلى التبسيطات التي تدخلها في الحسابات الفلكية. غير أن عرض أبي الوفاء للظلال لا يخص إلا دالة الظل فقط.

يعالج الفصل الخامس من المقالة الأولى من كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء الجيوب والأوتار. أما الفصل السادس فهو مكرس لـ«الظلال»، وذلك لضرورة استخدامها في أغلب المسائل حسب رأي الكاتب. يعرّف أبو الوفاء «ظل» القوس هندسياً، الذي يسميه أيضاً «الظل الأول» أو «الظل المنكوس»، وذلك بجعله مطابقاً للظل المنكوس لشاخص أفقي ملاصق لشعاع دائرة مرجعية (أي أن ظل BE يساوي، وفقاً لرموز الشكل رقم (١٥ ـ ١٠)، $tan\,\widehat{BZ} = BH$) ويستخدم أبو الوفاء الشكل نفسه ليعرّف «الظل الثاني» أو «الظل الممدود» للقوس (أي أن ظل AE يساوي $cot\,\widehat{BZ} = AY$) وليثبت العلاقات البسيطة بين الظل وظل التمام، وبين الجيب وجيب التمام. وهو يحدد بعض هذه العلاقات بواسطة أحد «قطري الظل» (EH وEY) وهما القاطع وقاطع التمام حسب المصطلحات الغربية القديمة. ويلاحظ أبو الوفاء أن الظل يساوي، إذا ما اتخذنا شعاع الدائرة كوحدة للقياس، نسبة الجيب إلى جيب التمام، وكذلك هي حال «الظل الثاني». ولقد أصبح عرض أبي الوفاء مرجعاً متعارفاً عليه للتعريف الهندسي للجيب والجيب المنكوس، ودخل في «الأزياج» مع قاعدة الظلال وجدول «الظل». انتقد فيات (Viète) استخدام كلمة الظل من قبل توماس فينك (Thomas Fincke) (١٥٨٣) الذي أدخل هذه الدالة. وكان موروليكوس (Maurolycos) الذي ترجم عن العربية كتاب **الأكر** لمنلاوس، قد استخدم مصطلح «umbra versa» (أي الظل المنكوس) في كتابه *De sphaera sermo* (١٥٥٨) وخاصة لدى عرضه لمبرهنة الظلال. لكننا لا نعرف بالضبط كيف بدأ استخدام دالة الظل في الغرب.

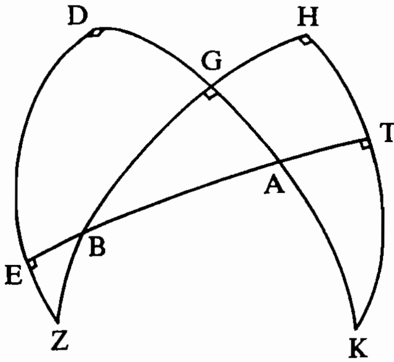
---

(٣٠) انظر: Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, *Ifrād al-maqāl fī 'amr al-zilāl: The Exhaustive Treatise on Shadows*, translation and comment by Edward Stewart Kennedy, 2 vols. (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1976).

٥ ـ مؤلفات علم المثلثات

شكلت نهاية القرن العاشر الميلادي منعطفاً في تاريخ علم المثلثات. فقد أصبح حساب المثلثات يحتلُ مكاناً مهماً في المؤلفات الفلكية، على شكل فصول للجيوب والأوتار والظلال وصيغ الحساب الكروي. وظهر الاهتمام أيضاً بحل المثلثات. وحلت دراسة المثلثات نوعاً ما محل العروض التقليدية لمبرهنة منلاوس، وأخذت تشكل معها مادة لنوع جديد من المؤلفات تمثل بـ **كتاب رباعي الأضلاع** لنصير الدين الطوسي. ترافقت هذه البحوث بالحصول على بعض المكتسبات، كالعلاقات الأخيرة في المثلث الكروي القائم الزاوية أو كمفهوم المثلث القطبي، ولكنها لم تغن حساب الأزياج بطرائق جديدة. إن علم المثلثات الوارد في المؤلفات، والذي كان تعبيراً عن تقنية حققت أهدافها الخاصة، كروي بشكل أساسي، وهو يترك مكاناً واسعاً للمثلث القائم الزاوية.

بدأت مسألة حل المثلثات الكروية تخرج عن نطاق النصوص الفلكية خلال هذه المرحلة التي سبقت إدخال صيغ المثلث. ويوجد نصُ لأبي نصر يتحدث فيه عن أخطاء مرتكبة من قبل أبو جعفر الخازن في كتابه **زيج الصفائح**. ويبدو من هذا النص أن الخازن قد قام بحل المثلثات أياً كانت في أغلب الحالات، بما فيها الحالة التي تكون فيها الأضلاع الثلاثة معطاة[(٣١)]. ولقد أعيد طرح هذه المسألة بشكل طبيعي على أثر اكتشاف المبرهنات الجديدة. فقد تناولها البيروني في كتاب **المقاليد** وبرهن أن «الشكل المُغني» [عن رباعي الأضلاع] يمكِّن من القيام بأي حساب كروي. فهو يصنف أولاً المثلثات إلى عشرة أصناف تبعاً لزواياها، ويثبت بعض الخصائص المتعلقة بالأضلاع ثم يوحد بين الأصناف ليحصل على أصناف مشكلة من مثلثات لها زاوية قائمة وزاويتان حادتان. ثم يحلُ المثلثات القائمة الزوايا بواسطة بعض الصيغ التي يطلق عليها مصطلح «الشكل المغني»، مشيراً إلى التبسيطات التي يجلبها «الشكل الظلي» من حين لآخر[(٣٢)] (الشكل رقم (١٥ ـ ١٢)). ولكن



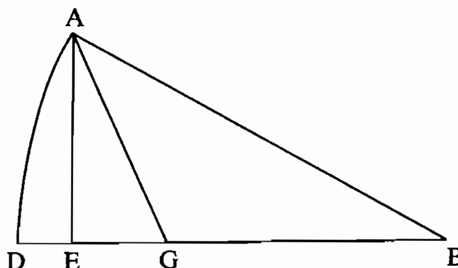
الشكل رقم (١٥ ـ ١٢)

---

(٣١) يمكن حل هذه المسألة باستخدام مبرهنة منلاوس، فنحصل على مقادير الزوايا المطلوبة بفضل إحدى نتائج **المجسطي** التي تسمح بتحديد قوسينْ إذا عرف مجموعهما، أو الفرق بينهما، ونسبة جيبيهما. وقد استخدم أبو الوفاء طريقتين من هذا النوع لحساب الزاوية الميقاتية، في أحد مؤلفاته التي سبقت بالطبع كتابه **المجسطي**، ونحن نلقى هذا المبدأ ثانية في كُتب علم المثلثات، مع استخدام صيغ المثلث.

(٣٢) أدخل البيروني، لأجل ذلك، الهيئة الواردة في الشكل رقم (١٥ ـ ١٢) التي تتضمن أزواج =

حله للمثلث، بتجزئته إلى مثلثين قائمَي الزاوية بواسطة الارتفاع، هو أكثر إيجازاً. وتنقصه على الأخص معالجة الحالة التي تعطى فيها الأضلاع الثلاثة وتلك التي تعطى فيها الزوايا الثلاثة. إن دراسة البيروني بحد ذاتها تتضمن بعض النواقص، ولكنها تكفي للقيام بالتطبيقات على علم الفلك. غير أن العلماء العرب تناولوا هذه الدراسة ثانية. وأخذوا عن كتاب **المقاليد** عرض مبرهنة منلاوس والأشكال التي استُبدلت بها هذه المبرهنة، وتصنيف المثلثات وحلولها. هذه هي العناصر الداخلة في تركيب العديد من المؤلفات الرياضية البحتة التي ظهرت على هامش الحساب الفلكي والتي توجت بـ **كتاب رباعي الأضلاع**.



الشكل رقم (١٥ ـ ١٣)

ظهرت العلاقات الست للمثلث القائم الزاوية في نص لمؤلف مجهول في أواخر القرن الحادي عشر الميلادي. لا يُضاهي هذا النص بنوعيته كتاب نصير الدين الطوسي، ولكنه ينبىء سلفاً بمحتوياته(٣٣). يثبت مؤلف هذا الكتاب أربع عشرة صيغة مترابطة إلى حد ما، ولا يعطي لها أي تطبيق. ويورد، من جهة أخرى، حلا لمثلث مثيراً للاهتمام ومنسوباً لأبي نصر. وقد كتب هذا الأخير كتابين(٣٤) متممين لـ **الرسالة**. الكتاب الأول الذي يعالج بعض المسائل بناء على طلب من البيروني، يتضمن مبرهنة الجيوب في حالة السطح المستوي. وبيانه لهذه المبرهنة مستوحى من المبرهنة في الحالة الكروية، إذ يقول ما معناه: عندما علمت أن في المثلثات المشكلة من أقواس الدوائر العظام على الكرة، نسبة جيب ضلع على جيب ضلع آخر تساوي نسبة جيب الزاوية المقابلة للضلع الأول إلى جيب الزاوية المقابلة للضلع الثاني، وسألت إذا كانت هذه القاعدة شاملة لكل المثلثات، أعني أن تكون مشكلة من أقواس أو من خطوط مستقيمة، فإن الجواب يكون نعم. . . ثم يثبت المبرهنة التي تعادل الصيغة $g/b = sin\ G/sin\ B$ بواسطة رسم لأحد الارتفاعات(٣٥) (الشكل رقم (١٥ ـ

= المثلثات التي طبق عليها قاعدة المقادير الأربعة أو قاعدة الظلال لحل المثلث ABG. وقد استُخدمت بعد ذلك أشكال مشابهة لهذا الشكل لإثبات صيغ للمثلث.

(٣٣) انظر: N. G. Hairetdinova: «Trigonometriceskii Isfahanskogo Anonima,» *Istoriko - Matematitcheskie Issledovaniya,* vol. 17 (1966), pp. 449-464, et «Sobranie Pravil Nauki Astronomii,» *Fisikomatematičeskie Nauki b Stranah Vostoka* (Moscou) (1969), pp. 147-190.

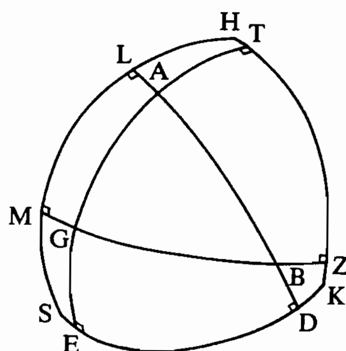
(٣٤) لقد نشر أيضاً ضمن مجموعة أبي نصر، انظر: ابن عراق، **رسائل أبي نصر بن عراق إلى البيروني**.

(٣٥) بواسطة العلاقة: $AE/AB = sin\ B/sin\ E$، انظر الشكل رقم (١٥ ـ ١٣) حيث AE تساوي $sin\ B$ عندما يكون معنا $AB = R = sin\ E$، لاحظ أيضاً أن $AG/AE = sin\ E/sin\ G$ ومنها نحصل على:

$$AG/AB = sin\ B/sin\ G.$$

١٣)). أما الكتاب الثاني الذي اقتبست منه الطريقة الواردة في النص المجهول المؤلف، فهو بالذات الكتاب الذي يصحح فيه أبو نصر أخطاء الخازن. وهذا الكتاب ذو أهمية لأننا نجد فيه أول استخدام للمثلث القطبي.

لوحظ استخدام المثلث القطبي، في أول الأمر، في حل مثلث أي كان ذي زوايا معطاة، وذلك في كتاب **رباعي الأضلاع** (١٢٦٠). فكان أول استخدام معروف لمبدأ الثنائية الذي طور في أوروبا في زمن فيات (Viète) (١٥٩٣). ويمكن أن نلاحظ أن نصير الدين الطوسي قد فوت بعض الفرص المناسبة لتطبيق هذا المفهوم، وخاصة في دراسته لخصائص الأضلاع والزوايا في المثلث[٣٦]. ولقد نسبت هذه الفكرة، بعد الاطلاع على النص، المجهول المؤلف، الذي كُتب في أواخر القرن الحادي عشر الميلادي، إلى هذا المؤلف. ونحن نعرف الآن أن صاحب الطريقة التي عرضها نصير الدين الطوسي، هو أبو نصر وأنها مقتبسة من صياغة للخازن[٣٧]. وها نحن نعود من جديد إلى القرن العاشر الميلادي، أي إلى العصر الذي تكوّن وتوضح فيه هذا النوع من المسائل. لقد اهتم الخازن بمواضيع شتى وعُرف بأنه كاتب أصيل ولكنه مهمل في بعض الأحيان. إن حسابه مغلوط، فعلاً، ولكن له الفضل في وضع المسألة بشكل جيد، وذلك بتركيب أقواس معادلة لزوايا المثلث الأصلي. أصلح أبو نصر الشكل وأكمله، إذ أظهر المثلث *HKS* (الشكل رقم (١٥ ـ ١٤)) وبرهن أن أضلاعه وزواياه مكملة، ترتيباً، لأضلاع وزوايا المثلث الأصلي *ABG*. وهكذا تؤول المسألة إلى تحديد زوايا مثلث معلوم الأضلاع، وهذا ما كان أبو نصر قد حله بواسطة صيغه الخاصة المتعلقة بالمثلث. إن المؤلف



الشكل رقم (١٥ ـ ١٤)

---

(٣٦) إذا أخذنا مثلاً الجدول ذا المدخلين الذي يوضح دراسة المثلث، نرى فيه الأصناف العشرة المكونة وفقاً للأضلاع والأصناف العشرة الأخرى المكونة وفقاً للزوايا، مرتبة باستثناء أحدها بنفس الترتيب (الصنف الأول وفقاً للزوايا: ثلاث زوايا حادة؛ الصنف الأول وفقاً للأضلاع: ثلاثة أضلاع أصغر من 90°، . . . الخ). لقد فوت نصير الدين فرصة جعل هذا الجدول متناظراً، لأنه لم يُرتب أصناف النوع الأول بالترتيب الموافق لأصناف النوع الثاني ذات القيم المكملة لقيم أصناف النوع الأول. يتبين من النص أن اكتشاف هذا التناظر كان ممكناً لو أُقيمت الصلة مع الشكل الذي رسم في الحالة التي تُعطى فيها الزوايا.

(٣٧) انظر: Marie - Thérèse Debarnot, «Introduction du triangle polaire par Abū Naṣr b. ʿIrāq,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 2, no. 1 (May 1978), pp. 126-136.

الذي ضمنه أبو نصر هذا الشكل الفريد، يتلاءم بصعوبة مع التطوُرات الأخرى التي لا يمكن استيحاؤها من المبرهنة الوحيدة للجيوب، هذه المبرهنة التي لا تتغير بالتحوُلات الثنائية. ولا يبدو أن المؤلفين العرب قد قاموا باستخدامات أخرى للمثلث القطبي. نحن نعرف فقط بوجود تركيب آخر أكثر تعقيداً طبق على نفس المسألة انطلاقاً من أقطاب أضلاع المثلث الأصلي. وردت هذه الطريقة في كتاب في علم المثلثات حرر على الأرجح في إسبانيا في بداية القرن الحادي عشر الميلادي. ولقد تحدث ابن معاذ مؤلف هذا الكتاب عن الصعوبة التي لقيها في حل هذه المسألة. سوف نعود إلى هذا الكتاب المهم لابن معاذ، بعد أن ندرس محتويات كتاب نصير الدين الطوسي.

عاش نصير الدين الطوسي (١٢٠١ ـ ١٢٧٤م)، مؤسس مرصد مراغة المشهور، في عصر شهد انهيار الخلافة العباسية وشيئاً من انفتاح العالم الإسلامي على بلاد الشرق الأقصى. ولقد ألف أكثر من ستين كتاباً تناول بعضها الفلسفة والفقه. إن أعماله العلمية التي تتضمن العديد من المراجعات لأعمال سابقيه، تظهر كتحديث للمدونات الرياضية والفلكية. ويندرج مؤلفه **كتاب رباعي الأضلاع**(٣٨) المكون من خمس مقالات، ضمن هذا التركيب الذي يشمل **الأصول والأكر والمجسطي** والعديد من الكتب الأخرى اليونانية والعربية أيضاً. تعالج المقالات الأولى والثانية والرابعة الأنساب المركبة ومبرهنة منلاوس في الحالتين المسطحة والكروية، وهذا ما يُفسح المجال إلى إحصاء العديد من الحالات، لبلوغ الشمول الكامل في الدراسة. وتتناول المقالة الثالثة القضايا التمهيدية الضرورية للحساب الكروي، وتشير باختصار إلى حل المثلثات المسطحة، ولا تعطي من الصيغ إلا صيغة مبرهنة الجيوب(٣٩). وتشكل المقالة الخامسة، على الأخص، القسم المثلثاتي من الكتاب. تعيد الفصول الأربعة الأولى من هذه المقالة دراسة تصنيفات البيروني وتُتمِمها. ونجد فيها، بعد مقارنة عناصر المثلثات المشكلة من تقاطع ثلاث دوائر عظام، توزيعاً مزدوجاً للمثلثات الكروية إلى عشرة أصناف تبعاً لطبيعة أضلاعها وزواياها، مع دراسة كل صنفٍ من المثلثات ودراسة التقاطعات الناتجة عنها.

يقدم الفصلان الخامس والسادس، المكرسان للعلاقات في المثلث القائم الزاوية، دراستين متشابهتين انطلاقاً من المبرهنتين الأساسيتين، «الشكل المغني» و«الشكل الظلي».

---

(٣٨) انظر: Naṣīr al-Dīn Muhammed Ibn Muhammed al-Ṭūsī, *Traité du quadrilatère,* édité et traduit par Alexandre Pacha Carathéodory (Constantinople: Manuscrit tiré de la bibliothèque de S. A. Edhem Pacha, 1891).

(٣٩) تحدد الزاوية الأولى، في الحالة التي تعطى فيها الأضلاع الثلاثة، في المثلث القائم الزاوية المشكل من أحد ضلعي الزاوية ومن مسقطه العمودي على الضلع الآخر لهذه الزاوية، وذلك بتطبيق «القاعدة العادية». وتعادل هذه الطريقة استخدام مبرهنة جيوب التمام في الحالة المسطحة. انظر: **الأصول**، *II*، ص ١٢ ـ ١٣.

يتبع الكاتب نفس الخطة في كلا الفصلين: بيان المبرهنة الأساسية، البراهين المصنفة تبعاً لأنواعها، التعميم العرضي للنتائج لتشمل المثلث أياً كان، وعرض اللازمات. ويستخدم الكاتب، في الفصل السابع، العلاقات الأساسية الست المبينة بشكلها العام، لحل المثلثات القائمة الزاوية من جديد مستعيناً بصيغ الفصل الخامس أو بصيغ الفصل السادس. وهذه الصيغ التي أثبتها نصير الدين (للمثلث ABG القائم الزاوية في G) هي:

ـ (الفصل الخامس) العلاقة (I):

$$\frac{sin\ g}{R}=\frac{sin\ a}{sin\ A}$$

مع تعميمها على المثلث الاختياري، ولازمتيها أي العلاقة (III):

$$\frac{cos\ a}{cos\ g}=\frac{R}{cos\ b}$$

والعلاقة (V):

$$\frac{cos\ A}{cos\ a}=\frac{sin\ B}{R}$$

التي لها بديلتان هما الصيغتان (٣) و(٤) لأبي نصر.

ـ (الفصل السادس) العلاقة (II):

$$\frac{sin\ a}{R}=\frac{tan\ b}{tan\ B}$$

التي لا تقبل التعميم مثل العلاقة (I)، ولها لازمتان هما العلاقتان:

ـ (IV): $\frac{cot\ g}{cot\ b}=\frac{cos\ A}{R}$ و (VI): $\frac{cot\ A}{tan\ B}=\frac{cos\ g}{R}$، مع بيانين مشابهين للعلاقتين (٣) و(٤).

وينتهي الكتاب، في الفصل السابع، بحل المثلثات أياً كانت الذي يرجع إلى حل المثلثات القائمة الزوايا وإلى استخدام المثلث القطبي السابق الذكر. إن **كتاب رباعي الأضلاع** مركب بشكل رائع، ومن الواضح أنه يتناول موضوعاً كان قد أصبح تقليدياً في ذلك العصر. ونحن على علم بكتابين سابقين لكتاب نصير الدين، لهما نفس محتوياته ولكنهما أقلُ إعداداً منه. أحد هذين الكتابين هو الكتابُ مجهول المؤلف، السابقُ الذكر، والآخر ذو نص قريب من كتاب **المقاليد** للبيروني. أما كتاب **مجهولات أقواس الكرة** لابن معاذ فلا يندرج في هذا السياق[٤٠].

تقابل الإعداد الجيد لـ **كتاب رباعي الأضلاع**، كتابة سريعة ومختصرة في كتاب ابن

(٤٠) انظر: M. V. Villuendas, *La Trigonometría europea en el siglo XI: Estudio de la obra de Ibn Mu'ādh: El Kitābmaŷhūlāt* (Barcelona: [n. pb.], 1979).

معاذ، وهذا ما يجعل التباين كبيراً بين الكتابين. تتسلسل الأفكار في كتاب ابن معاذ بشكل روائي، ولا يتردد الكاتب بالرجوع عند الحاجة إلى نقطة أساسية أو إلى نقطة سبق أن سقطت سهواً. إن الاكتشاف الحديث، لهذا الكتاب الصغير الطريف، يثير في الحقيقة تساؤلات يفوق عددها عدد الأجوبة التي يقدمها، وذلك فيما يخص مسألة انتقال علم المثلثات إلى الغرب، وهذه المسألة لم تزل غامضة.

ينتمي القاضي أبو عبد الله محمد بن معاذ الجياني (٩٨٩ ـ بعد ١٠٧٩م) إلى أسرة من رجال القانون في الأندلس. وقد أقام في شبابه في القاهرة (١٠١٢ ـ ١٠١٦م) حيث كان، على الأرجح، تلميذاً لابن الهيثم. وترك بعض الأعمال الجيدة التي جعلته يُعتبر، في إسبانيا، من أفضل الرياضيين في جيله. تُرجمت له عدة كتب إلى اللغة اللاتينية، ولكننا لا نجد ذكراً لتأثير **كتاب المجاهيل** الذي يختلف كثيراً عن المؤلفات الشرقية. كان الكثير من النصوص، الحاملة للتقنيات الجديدة في الحسابات الفلكية، متداولاً في بداية القرن الحادي عشر الميلادي. لقد كتب ابن معاذ كتابه مستنداً، على الأرجح، إلى معرفة جزئية بالتقدُم الذي حققه علماء الشرق الأوسط، ومعتمداً في تأمُلاته على كتاب **الأكر** لمنلاوس، وهو الكتاب الوحيد الذي ذكره في المراجع. وقد أُثبتت فيه العلاقات الست للمثلث القائم الزاوية، انطلاقاً من مبرهنة منلاوس، واستخدم نفس الشكل لتعميم العلاقة (I) على المثلث أياً كان. وأُنجز حل المثلثات في عدد من الحالات وفقاً لعدد العناصر المجهولة التي وجب تحديدها، ونوقشت طبيعة القوس الذي يُحصل عليه استناداً إلى جيبه أو ظله. واستخدم المثلث القطبي في الحالة التي أعطيت فيها الزوايا الثلاث. ولم يستخدم ابن معاذ، في الجدول الذي وضعه لدالة الظل، كلمة «الظل». ويبدو أنه يعرف الظل، بشكل مختلف قليلاً عما رأيناه أعلاه، كـ «نسبة الجيب إلى جيب التمام» (أي أنه يتخذ الدالة tan بدلاً من الدالة $R.tan$). وهذا ما قام به ضمن حساب نعرضه فيما يلي.

إن السمة المشتركة لكل هذه المؤلفات هي الغياب الكامل تقريباً لحساب المثلثات في حالة السطح المستوي. فالحساب الضروري هو تحديد قوسين إذا أُعطي مجموعهما، أو الفرق بينهما، مع نسبة جيبيهما. يعرض نصير الدين طريقتين لحل هذه المسألة، إحداهما مأخوذة من **المجسطي** وتستخدم فيها الأوتار، والأخرى منسوبة إلى أبي نصر، وتستخدم في كل منهما مبرهنة فيثاغورس. أما ابن معاذ فيضع المسألة، إذا أعطي الفرق بين القوسين، على الشكل التالي:

$$x - y = \alpha \text{ و } sin\ x/sin\ y = a/b$$

مع $a > b$ و$0° < \alpha < 180°$، ويكون القوسان المجهولان x وy محصورين بين $0°$ و$180°$. وبعد أن يثبت هندسياً أن لهذه المسألة حلاً واحداً، يعطي طريقة لإيجاده، ويشرح من ناحية أخرى سبب الاختيار $a \neq b$. ويدرس بعد ذلك الحالة الخاصة حيث $\alpha = 90°$ فيدخل الظل ويستنتج أخيراً، من الشكل، المعادلة:

$$tan[(x + y)/2] = [(a + b)/(a - b)].tan(\alpha/2)$$

التي تعطي x وy بعد حساب مجموعهما والفرق بينهما. إن طريقة ابن معاذ، المثيرة للاهتمام بحسابها النهائي، نموذجية في التقنيات التي تستخدمها. ومن هذه التقنيات، الإعداد الهندسي لطريقة الحساب، وعرض الحساب بطريقة مستقلة عن الشكل. ولا يحصل على الصيغة بتحويل النسبة:

$$(sin\ x + sin\ y)/(sin\ x - sin\ y)$$

بل بواسطة تشابهٍ، حيث يمثل الظل المطلوب نسبة ضلعي الزاوية القائمة في مثلث قائم الزاوية[٤١] (الشكل رقم (١٥ ـ ١٥)). هذا النوع من تطبيق حساب المثلثات يستعين بالمعنى الهندسي للجيب وللظل. ونحن نجده في مختلف النصوص، وخاصة في تلك التي يجري

الشكل رقم (١٥ ـ ١٥)

فيها تقدير المسافات. لقد ألف الكاشي في القرن الخامس عشر كتاب **مفتاح الحساب**، وهو ملخص لتقنيات الحساب يتضمن جدولاً صغيراً للجيوب لحل المثلثات المسطحة، وصيغاً مفيدة لقياس المساحات كالصيغة التالية:

$$r = b.g.sin\ A/[60.(a + b + g)]$$

التي تعطي نصف قطر الدائرة المحوطة بالمثلث (ABG).

---

(٤١) يحدد ابن معاذ (الشكل رقم (١٥ ـ ١٥))، النقطة L التي تحقق $L\widehat{A} = x$ و $L\widehat{G} = y$ بواسطة $A\widehat{G} = \alpha$ ، ويحدد K التي تحقق $GK/GA = TZ/TH = b/(a-b)$، ثم يرسم KLD. فإذا أخذنا بعين الاعتبار المعادلة $KO/OG = (a+b)/(a-b)$، فإن الصيغة المطلوبة تستنتج من $BR/RD = KO/OD$. انظر: المصدر نفسه، ص ١١ ـ ٢١ و ١٠٦ ـ ١١٢.

توجد صيغ علم المثلثات الأساسية الخاصة بالسطوح المستوية في الكتب الفلكية حيث تطبق في وضع جداول الجيوب. ويشكل الفصل الخامس من المقالة الأولى من كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء، مثلاً جيداً على ذلك. سنستخرج منه المقاطع الستة الأولى التي تتضمن التعاريف والصيغ. يعرّف أبو الوفاء في أول الأمر الخطوط المقطوعة: القطر، الوتر، الجيب «الممدود» أو الجيب، الجيب المنكوس أو «السهم»، جيب التمام (الذي نرمز له هنا بـ cos)، وتر الزاوية المكملة (أي $crd(180° - \alpha)$)، والجيب الأعظم (R)، حيث يكون $R = 60$. ثم يدرس على التوالي، بعد مقطع مخصص للجيوب وللأوتار المُنطقة، تحديد جيوب وأوتار الزوايا المكملة، حساب الجيب تبعاً للوتر وبالعكس، تحديد جيوب وأوتار أنصاف الزوايا وأضعافها، وتحديد جيب ووتر مجموع زاويتين وجيب ووتر الفرق بينهما. وهكذا طُبقت بعض الصيغ على حسابات عكسية. ولقد أُثبتت هذه الصيغ جميعها هندسياً وأُرفقت بأمثلة. وإذا جمعنا الصيغ المعادلة المستنتجة من نفس التركيب، نحصل على البيانات التالية:

(١) المقطع (٣):

(أ) $cos\ \ \alpha = \sqrt{R^2 - sin^2\alpha}$ و $crd(180° - \alpha) = \sqrt{4R^2 - crd^2\alpha}$

(ب) $vers\ \alpha = R \pm cos\ \alpha\ (\alpha \lessgtr 90°)$

(ج) $\sqrt{vers\ \alpha(2.R - vers\ \alpha)} = sin\ \alpha$

(٢) المقطع (٤) وبداية المقطع (٥): $vers\alpha/crd\alpha = crd\alpha/2R$

و $(\frac{1}{2} vers\ \alpha)/[sin\ (\alpha/2)] = sin\ (\alpha/2)/R$،

و $[2R - crd(180° - \alpha)]/crd(\alpha/2) = crd(\alpha/2)/R$.

(٣) نهاية المقطع (٥): $crd\alpha/crd(\alpha/2) = crd(180° - \alpha/2)/R$

ومنها نحصل على $\frac{1}{2}\ sin\ (2\alpha) = sin\ \alpha.cos\ \alpha/R$.

(٤) المقطع (٦): أ ـ (١):

$sin\ (\alpha \pm \beta) = \sqrt{sin^2\alpha - sin^2\alpha.sin^2\beta/R^2} \pm \sqrt{sin^2\beta - sin^2\alpha.sin^2\beta/R^2}$،

أ ـ (٢): $sin\ (\alpha \pm \beta) = sin\ \alpha.cos\ \beta/R \pm sin\ \beta.cos\ \alpha/R$ [٤٢].

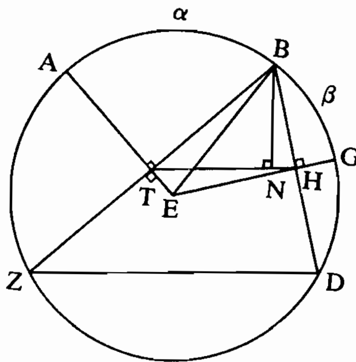
ب ـ صيغتان مماثلتان للأوتار.

(٤٢) الشكل رقم (١٥ ـ ١٦)، مثلاً، هو أحد الأشكال الأربعة التي رسمها أبو الوفاء لهاتين الصيغتين (حالة المجموع حيث يكون $\widehat{AB}$ أي α و $\widehat{BG}$ أي β أصغر من $90°$):

$TH = ZD/2 = crd(2\alpha + 2\beta)/2 = sin\ (\alpha + \beta)$.

التشابه بين المثلثين BNH وBTE يُعطي $NH/BH = TE/BE$؛ وبعد حساب مماثل لِ TN، نستنتج =

أما المقطع السابع فهو مخصص للأوتار «الأمهات»[٤٣]، بينما يهتم باقي الفصل بجدول الجيوب.



الشكل رقم (١٥ ـ ١٦)

إن عرض أبي الوفاء الجيد التنسيق، هو بالتأكيد موسع بشكل خاص ومثقل باستخدام الجيب المنكوس والوتر. هذه القواعد، المقتبسة من **المجسطي**، تعتبر في «الأزياج» كمجموعة مستقلة عن الفصل المخصص لـ «الظلال». فهي تشكل مثلاً أحد أبواب كتاب **الأوتار**[٤٤] للبيروني. هذا الكتاب الذي يغلب فيه الطابع الهندسي، مكرس لبعض المبرهنات الخاصة بالخط المنكسر المحوط بدائرة. ولقد تبنى البيروني، في كتاب **القانون**، التبسيط $R = 1$ الذي كان أبو الوفاء قد أشار إليه. إن غياب الأعداد السلبية قد حد من استخدام هذه الصيغ وعقده قليلاً. ولقد لعب الإبقاء على $R = 60$، الذي تم تبنيه بشكل عام والذي كان ملائما للجداول، دوراً مماثلاً ولكنه أقلُ أهمية من الدور الذي لعبه غياب الأعداد السلبية. وهكذا توفرت لدى الرياضيين العرب، مع دالة الظل وصياغة العلاقات الأساسية وإسهام التقنيات الجبرية، الأسس الضرورية لتطوير حساب المثلثات. ولكن أبحاثهم لم تتجه في هذا الطريق، وهذا مردُه من دون شك إلى لجوئهم إلى البرهان الهندسي الذي كان يعتبر ضرورياً. لقد اتجهت هذه الأبحاث نحو تحسين الجداول حيث يلتقي، تقريباً، الجبر مع حساب المثلثات.

٦ ـ جدول الجيوب

إن دقة الحساب الفلكي تستند، كلها، على صحة جدول الجيوب. وتركيب هذا الجدول مرتبط بمسألة شهيرة هي مسألة تثليث الزاوية. ولكن البحوث التي أُجريت ابتداءً

= الصيغة الثانية. أما الصيغة الأولى فيتم الحصول عليها باستخدام $NH = \sqrt{BH^2 - BN^2}$ و $BN/BH = BT/BE$. ولقد أُثبتت صيغة جمع الأوتار، في كتاب **المجسطي**، بواسطة مبرهنة سميت بـ «مبرهنة بطلميوس».

(٤٣) هكذا سمى المؤلفون العرب أضلاع بعض المضلعات المنتظمة والمحوطة مثل المربع وسداسي الأضلاع... الخ. وذلك أن هذه الأضلاع تُستخدم في تركيب جداول الجيوب.

(٤٤) انظر: أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، **استخراج الأوتار في الدائرة**، نشر الدمرداش (القاهرة: المؤسسة المصرية العامة للتأليف والأنباء والنشر، ١٩٦٥)، و Heinrich Suter, «Das Buch von der Auffindung der Sehnen im Kreise,» *Bibliotheca Mathematica*, Bd. 3, no. 11 (1910-1911), pp. 11-78.

من القرن العاشر الميلادي، تندرج في الإطار الأشمل لحسابات المقاربة المطبقة على بعض فئات الأعداد الصماء. ولقد حلل المؤرخون هذه البحوث الدقيقة والحدسية أحياناً. وهي تثير الاهتمام بالوسائل التي استُخدمت فيها: تقنيات الاستكمال وطرائقها الحسابية. إن جداول «الأزياج»، بشكل عام، أكثر دقة من جدول الأوتار في **المجسطي**، ولكن هذه الدقة لا تبلغ حد دقة الجداول التي وضعت في أوروبا قبيل إدخال اللوغاريتم.

إن لجدول الأوتار في **المجسطي** ثلاث منزلات ستينية في حساب $sin\ (1°)$ وهو مدرج بأنصاف الدرجات. وهو مضبوط، ومن السهل التحقُق، بواسطة استكمال خطي، أنه يعطي قيمة القوس بخطأ لا يتجاوز بضع ثوانٍ، إلا بالقرب من 90°، إذ يتعدى الخطأ الدقيقة حين يزيد القوس عن 89°;45. وقد سبق أن عرفت الجداول الهندية في القرن التاسع الميلادي، ولكنها لم تقدم نفس الدرجة من المقاربة. إلا أن دقتها كانت تعتبر كافية. إن حبش الذي سبق أن رأيناه يتناول من جديد أغلب حسابات **المجسطي**، نقل دون تغيير جدول الأوتار، واستخرج منه جدولاً للجيوب بمدخل مدرج بأرباع درجات الأقواس، وأضاف إليه عموداً رابعاً مشكلاً من 0 ومن 30. وقد بسط البتاني هذا الجدول محتفظاً بمدخل مدرج بأنصاف الدرجات وحاذفاً أرقام المنزلة الرابعة. وليس لدينا أي نص يعلمنا عن بدء حساب جداول الجيوب قبل نهاية القرن العاشر الميلادي. وينسب التركيبان الأولان الأصيلان للجداول إلى ابن يونس وإلى أبي الوفاء، وقد استوحى ابن يونس تركيبه بشكل مباشر من طريقة من كتاب **المجسطي**. ولنذكر أن بطلميوس حدد وتر درجة واحدة، وذلك بحصره بين عددين، بفضل مبرهنة أُثبتت بمقارنة بين مساحتين. وتعبر هذه المبرهنة عن تناقص الدالة $sin\ x/x$ بين 0° و90°، على الشكل التالي:

$$a > b \Longrightarrow a/b > crd\ a/crd\ b$$

فتنتج عن ذلك المتباينة المزدوجة: $\frac{2}{3}.crd\ 1;30° < crd\ 1° < \frac{4}{3}.crd\ 0;\ 45°$، فنحصل بشكل تقريبي على:

$$\frac{2}{3}\ crd\ 1;\ 30° = crd\ 1° = \frac{4}{3} crd\ 0;\ 45° = 1;2,50.$$

أُجري حساب الوترين 1;30° و 0;45° انطلاقاً من أضلاع خماسي وسداسي الأضلاع منتظمين ومحوطين، واستناداً إلى الوتر $crd(72° - 60°)$ وإلى أربع تنصيفات. ويمكن لهذا الحساب، إذا أنجز بشكل أدق، أن يظهر فرقاً بين قيمتي الوترين. ويظهر بوضوح أن بطلميوس اختار، بعكس ذلك، طول الفسحة (ثلاثة أرباع الدرجة للوتر، أي ثلاثة أثمان للجيب)، بحيث يحصل على المعادلة بالدقة المطلوبة[٤٥].

---

(٤٥) يؤدي الحساب بخمس منزلات إلى: $1;2,49,48,13 < crd\ (1°) < 1;2,49,53,4$ علماً بأن $crd\ (1°) = 1;2,49,51,48$

إن لجدول الجيوب الذي وضعه ابن يونس في **الزيج الحاكمي**[٤٦] أربع منزلات ستينية، وهو مدرج بأسداس الدرجات. والطريقة المستخدمة فيه تثير الاهتمام فيما يخص صيغة الاستكمال التي تسمح بإتمام الجدول استناداً إلى المقادير المحسوبة بشكل منفصل بأنصاف الدرجات. وبصرف النظر عن هذا الجانب الذي سنتناوله لاحقاً، أدخل ابن يونس بعض التعديلات على حساب بطلميوس. فقد قصر أولاً، إلى النصف، طول الفسحة التي اختارها لـ$sin\ (1°)$. وأنجز الحسابات حتى المنزلة الخامسة، بواسطة أربع تنصيفات انطلاقاً من $sin\ (15°)\ (= sin\ (45° - 30°))$ ومن $sin\ (18°)$ (نصف ضلع معشر الأضلاع) فحصل على:

$$\frac{8}{9} sin\ \frac{9°}{8} < sin\ 1° < \frac{16}{15} sin \frac{15°}{16}$$

أي:

$$1;2,49,40,4 < sin\ 1° < 1;2,49,45,10$$

فيستنتج بعد ذلك أول قيمة لـ:

$$.\ sin\ (1°) = 1;2,49,40,4 + (2/3)\ (\text{الفرق}) = 1;2,49,43,28.$$

وهذا ما يوافق الاستكمال الخطي:

$$sin \frac{16°/16}{16/16} = sin\ \frac{18°/16}{18/16} + (2/3).\left[sin \frac{15°/16}{15/16} - sin \frac{18°/16}{18/16}\right].$$

ويُدخل، في النهاية، تصحيحاً طفيفاً على القيمة التي يحصل عليها، مستنداً إلى فكرة تقريبية مفادها أن الخطأ في حساب $sin\ (1°)$ يؤثر بنفس القدر على $sin\ 2.1°$ و $sin\ 3° - 1°$ ولكن باتجاهين متعاكسين. فيحصل، أخيراً على:

$$\begin{aligned} sin\ (1°) &= 1;2,49,43,28 - (1/2)[sin\ (2.1°) - sin\ (3° - 1°)] \\ &= 1;2,49,43,28 - (1/2).(2;5,38,18,0 - 2;5,38,17,12) \\ &= 1;2,49,43,4 \end{aligned}$$

(ونحن نعلم أن $sin\ (1°)$ يساوي، بست منزلات في حساب $sin\ (1°)$: $sin\ (1°) = 1;2,49,43,11,15$[٤٧].

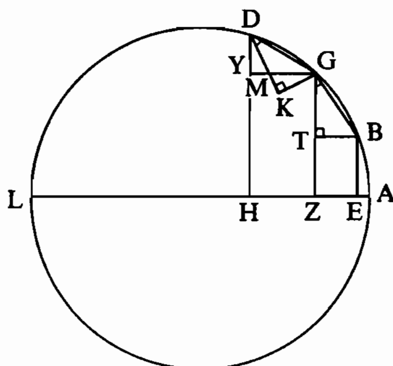
تسمح طريقة ابن يونس ببلوغ الدقة المطلوبة، ولكن بعض الأخطاء الحسابية البسيطة

---

(٤٦) انظر: David A. King, *Spherical Astronomy in Medieval Islam: The Ḥākimī Zīj of Ibn Yūnus* (Frankfurt), chap. 10.

(٤٧) يجب استبدال المعامل $(\frac{1}{2})$ في الحساب السابق بـ $(\frac{1}{3})$ فنحصل على $sin\ 1° = 1;2,49,43,12$. وإذا وضعنا $sin\ 2.1° - sin\ (3° - 1°) = R.f(a)$ واعتبرنا $a = sin\ 1°$ كعدد صغير، نرى بالفعل أن $f'(a)$ تعادل =

جعلت الجدول غير مضبوط تماماً، إذ إن الخطأ يتعدى، في بعض الأحيان، الوحدة في رقم المنزلة الرابعة.



الشكل رقم (١٥ ـ ١٧)

تختلف طريقة تحديد $sin\ (1°/2)$ التي يستخدمها أبو الوفاء[٤٨] عن تلك الواردة في **المجسطي**، وهي أكثر ملاءمة منها. فهو يستخدم أيضاً التناقص البطيء قرب $1°/2$ للفروق الأولى للجيب. يتضمن **المجسطي** جدولة للفروقات المقسومة على ثلاثين، وذلك لتسهيل قراءة الجدول بواسطة الاستكمال الخطي. وقد تحقق ثيون هندسياً، في كتابه **شرح المجسطي**، من تناقص الفروقات الأولى الذي ورد بوضوح في **المجسطي**. أما أبو الوفاء فقد أعطى برهاناً مختلفاً للجيب (انظر الشكل رقم (١٥ ـ ١٧)) حيث:

$$sin\ \widehat{AD} - sin\ \widehat{AG} < sin\ \widehat{AG} - sin\ \widehat{AB}$$

مع $DY < DM < DK = GT$.

ويستنتج من ذلك حصراً لـ $sin\ (1°/2)$، باختياره ثلاثة مقادير، لجيوب معروفة، قريبة من النقاط الموجودة على دائرة (الشكل رقم (١٥ ـ ١٨)):

$$\widehat{AB} = 3°/8 = 12°/32,\ \widehat{AG} = 9°/16 = 18°/32,\ \widehat{AZ} = 15°/32.$$

ويقسم القوس $\widehat{BG}$ إلى ستة أجزاء متساوية، والنقطة Z والنقطة H التي تحقق $\widehat{AH} = 1°/2 = 16°/32$، تابعتان لهذه التقسيمة. ويؤدي التطبيق المكرر للمبرهنة إلى المتباينة الثنائية:

$$(sin\ \widehat{AG} - sin\ \widehat{AZ})/3 < sin\ \widehat{AH} - sin\ \widehat{AZ}/3 < (sin\ \widehat{AZ} - sin\ \widehat{AB})/3$$

= $2 + cos\ 3°$ التي لا تختلف كثيراً عن 3. إن الخطأ المرتكب في حساب $sin\ 2.1°$ يساوي تقريباً ضعفي الخطأ المرتكب في حساب $sin\ (3° - 1°)$. إن الحساب الأول لابن يونس، بالإضافة إلى ذلك، غير مضبوط تماماً، إذ إن الحساب بخمس منزلات يُعطي:

$(8/9).sin\ (9/8°) = 1;2,49,40,8$ و $(16/15).sin\ (15/16°) = 1;2,49,44,34$.

يجب أن تكون القيمة الأولى، إذاً، مساوية لِ $1;2,49,43,5$ بدلاً من $1;2,49,43,28$.

(٤٨) Franz Woepcke, «Recherches sur l'histoire des sciences mathématiques chez les orientaux,» *Journal asiatique,* 5ème série, tome 15 (avril-mai 1860), pp. 281-320.

أي

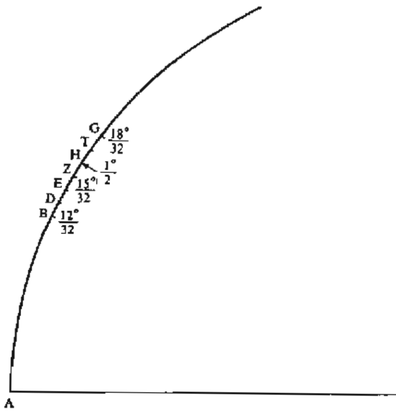
$$[sin\ (18°/32) - sin\ (15°/32)]/3 < sin\ (1°/2) - sin\ (15°/32) < [sin\ (15°/32) - sin\ (12°/32)]/3$$

وهكذا يحصل أبو الوفاء على:

$$0;31,24,55,52,2 < sin\ (1°/2) < 0;31,24,55,57,47$$

فيستنتج، آخذاً نصف مجموع طرفي هذه المتباينة الثنائية:

$$sin\ (1°/2) = 0;31,24,55,54,55.$$



الشكل رقم (١٥ ـ ١٨)

ليس هذا الحساب مضبوطاً بشكل كامل[٤٩]، ولكن هذه الطريقة تعطي حصراً لـ$sin\ (1°/2)$ دقة أكثر بست مرات من الذي تقدمه طريقة **المجسطي** المطبقة على نفس المقادير[٥٠]. ونحن نجدها في النصوص حتى نهاية القرن الخامس عشر الميلادي. فقد طبقها مثلاً، في حساب $sin\ (1°)$، محيي الدين المغربي (القرن الثالث عشر الميلادي)، وهو أحد علماء مراغة في زمن نصير الدين ومؤلف عدة دراسات في حساب المثلثات. يحتوي جدول الجيوب الوارد في كتاب **المجسطي** لأبي الوفاء على أربع منزلات، وهي مدرجة بأرباع الدرجات. ونجد نفس النموذج في الجدول الوارد في **القانون**، وهو بالفعل مضبوط. **والقانون** هو مؤلف ذائع الصيت للبيروني، وهو يعطي فكرة جيدة عن الدقة التي وصلت إليها حسابات المثلثات في ذلك الزمن. إن الدراسة الواردة في كتاب **القانون** تفتح، فيما يخص وضع جدول الجيوب، آفاقاً علمية أخرى. فإننا مع صيغة الاستكمال المثيرة للاهتمام، نبقى في إطار منهجي مماثل لما رأيناه أعلاه.

---

(٤٩) يجب بالأحرى، أن يكون معنا: $0;31,24,55,52,2 < sin\ (1/2°) < 0;31,24,55,57,47$.
والمقاربة التالية: $sin\ (1/2°) = 0;31,24,55,51,57 + (1/3).0;0,0,0,5,40 = 0;31,24,55,53,50$ هي الأفضل (مع العلم أن الحساب بست منزلات يعطي: $sin\ (1/2°) = 0;31,24,55,54,0$).

(٥٠) توصل الطريقة الواردة في **المجسطي**، في الفسحة [15/32°, 18/32°] إلى النتيجة:

$$(8/9).sin\ (9/16°) = 0;31,24,55,31,8 < sin\ (1/2°) < 0;31,24,56,4,26 = (16/15).sin\ (15/132°)$$

يبدو أن البحث عن مقاربات أفضل من تلك التي يؤمنها الاستكمال الخطي، قد أثار بشكل ثابت اهتمام علماء الفلك العرب الذين اعتادوا في حساباتهم على استخدام عدد كبير من الجداول. إن لدينا الآن عدداً من الصيغ التي كانت مستخدمة في الفترة ما بين القرن العاشر والقرن الخامس عشر للميلاد(٥١). والسؤال الذي يطرح نفسه هو: كيف تم تحضير هذه الصيغ دون الاستعانة بأي مفهوم للتمثيل البياني؟ ويمكن، بهذا الصدد، أن نعتبر القاعدة المستخدمة في **القانون** كمثل على التركيب النظري للجداول. وهي معروضة أولاً لتركيب جدول الجيب وجدول الظلال ومعممة بعد ذلك لتركيب أي جدول آخر(٥٢). وإذا استخدمنا الرموز المألوفة

$$\triangle y_{-1} = y_o - y_{-1}, \triangle y_o = y_1 - y_o, ... \triangle^2 y_{-1} = \triangle y_o - \triangle y_{-1}$$

(حيث يكون $x_o - x_{-1} = x_1 - x_o = ... = d$)، فإن الصيغة التي استبدل بها البيروني الاستكمال الخطي: $y = y_o + (x - x_o).\triangle y_o/d$ في الفسحة $[x_o, x_1]$، هي(٥٣):

$$y = y_o + \frac{(x - x_o)}{d}\left[\triangle y_{-1} + \frac{(x - x_o)}{d}.\triangle^2 y_{-1}\right]$$

ولقد حاول البيروني أن يثبت، بواسطة شكل، إمكانية التكرار البديهي لهذه الطريقة، وذلك ليفسر الاستكمال المطبق على $\triangle y_{-1}$. لقد حيرت هذه القاعدة، الواردة في القانون، المؤرخين. وذلك أن عبارة صحيحة للاستكمال التربيعي معادلةً لصيغة نيوتن من الدرجة الثانية، توجد في كتاب **خندخدياكا**. وهو الكتاب الذي عرفه البيروني جيداً واستشهد به غالباً في كتاباته(٥٤).

---

(٥١) انظر: Javad Hamadanizadeh, «The Interpolation Formulae of Islamic Mathematicians,» paper presented at: *Proceedings of the Second International Symposium for the History of Arabic Science* (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979).

(٥٢) انظر: أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، **القانون المسعودي**، صحح عن النسخ القديمة الموجودة في المكاتب الشهيرة، تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية، ٣ ج (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٤ ـ ١٩٥٦)، ج٣، بخاصة الفصلان السابع والثامن من المقالة الثالثة، المترجمان في:

Carl Schoy, *Die Trigonometrischen Lehren des Persischen Astronomen Abū'l Raiḥān Muḥ. Ibn Aḥmad al-Bīrūnī* (Hannover: H. Lafaire, 1927).

(٥٣) إذا تفحصنا الصيغة $y = y_0 + (x - x_0)[\triangle y_0 + [(x - x_0)/d - 1]\triangle^2_{y-1}]/d$، نرى أن المعامل $(\frac{1}{2})$ ينقص أمام العبارة $[(x - x_0)/d - 1]\triangle^2_{y-1}$، إذا أردنا أن يمر القطع المكافئ، الذي استبدل به البيروني الوتر الواصل بين النقطتين (x_0, y_0) و (x_1, y_1)، بنقطة ثالثة من المنحنى هي هنا (x_{-1}, y_{-1}). وهكذا يبقى الخطأ المرتكب في استخدام هذا الاستكمال، مساوياً تقريباً، مع إمكانية تغير الإشارة، للخطأ المرتكب في استخدام الاستكمال الخطي.

(٥٤) انظر: Edward Stewart Kennedy, «The Motivation of al-Bīrūnī's Second Order =

تسمح صيغة خندخدياكا الرائعة بالحصول على قيم مناسبة تقريباً، انطلاقاً من جدول بسيط يقتصر على ستة أعداد صحيحة(٥٥). وتُكتب هذه الصِّيغة، تبعاً للرموز السابقة، كما يلي:

$$y = y_0 + \frac{x - x_0}{d} . \Big[\frac{\Delta y_{-1} + \Delta y_0}{2} + x - x_0 \ . \ \Delta y_0 - \Delta y_{-1}/2.d \Big].$$

وهذا يرجع هندسياً إلى استبدال المنحني في الفسحة $[x_o, x_1]$ بقطع مكافىء يمرُ بالنقاط الثلاث ذات الإحداثيات (x_1, y_1) و(x_o, y_o) و (x_{-1}, y_{-1}). ولقد طبقت على حساب خطوط طول الكواكب، منذ بداية القرن العاشر الميلادي، صيغة أكثر إعداداً لنفس الاستكمال التربيعي تخصُ الفسحتين المتباينتين في الطول $[x_o, x_1]$ و $[x_{-1}, x_o]$(٥٦). وكانت هناك أيضاً صيغ أخرى. سوف نكتفي بعرض قاعدة ابن يونس للجيب. وهي تمكن من الحصول في الفسحة $[x_o, x_2]$ على القطع المكافىء الذي يمرُ بالنقاط الثلاث (x_2, y_2) و (x_1, y_1) و (x_o, y_o)، مع $x_o = n$، $x_1 = n + (1/2)$، $x_2 = n + 1$، حيث يكون n عدداً صحيحاً. ولا ننسى أن الجدول مدرج كما رأينا بأنصاف الدرجات. إن بيان هذه القاعدة يوضح، هنا أيضاً، الاستدلال المتبع. يصحح ابن يونس الاستكمال الخطي المنجز في الفسحة $[n, n+1]$، بحد مساوٍ للصفر في طرفي الفسحة ويعطي هذا الاستكمال القيمة المضبوطة في وسط الفسحة. وتكتب هذه القاعدة رمزياً كما يلي:

$$sin\ x = sin\ n + (x - n).[sin\ (n+1) - sin\ n] + 4.(x-n)(n+1-x)$$
$$[sin\ (n + 1/2) - (sin\ n + sin\ (n+1))]/2$$

= Interpolation Scheme,» paper presented at: *Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science.... 1976* (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1978), reprinted in: Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences,* and Roshdi Rashed, «As-Samaw'āl, al-Bīrūnī et Brahmagupta: Les Méthodes d'interpolation,» *Arabic Sciences and Philosophy,* vol. 1 (1991), pp. 101-160.

(٥٥) هذه الأعداد، التي يجب الأخذ بها، هي $39, 36, 31, 24, 15, 5$. وهي تُمثِل الفروق الأولية للدالة:

$$x \to 150\ .\ sin\ x$$

حيث تكون قيم x مساوية لأنصاف إشارات البروج، أي لـ:

$150.sin\ 15°$ و$150.(sin\ 30° - sin\ 15°)$ ... و $150.(sin\ 90° - sin\ 75°)$

انظر: Brahmagupta, *The Khaṇḍākhādyaka: An Astronomical Treatise of Brahmagupta,* translated into english with an introduction, notes, illustrations and appendices by P. C. Sengupta (Calcutta: University of Calcutta, 1934),

بخاصة الفصل الأول، «جدول الجيوب،» المقطع ٣٠ والفصل التاسع، «صيغة الاستكمال،» المقطع ٨.

(٥٦) انظر: Javad Hamadanizadeh, «Interpolation Schemes in *Dustūr al-Munajjimīn,*» *Centaurus,* vol. 22, no. 1 (1978), pp. 43-52.

وهي تعادل أيضاً، مع الرموز السابقة و $\xi = (x - x_o)/d$، ومع $d = \frac{1}{2}$، الصيغة التالية:
$y = y_o + \xi \Delta y_o + \xi(\xi - 1)\Delta^2 y_o/2$، على الفسحة $[x_o, x_o + 2.d]$[٥٧].

يعتبر **القانون المسعودي** من أهم الكتب التي حررها البيروني. وقد أهداه إلى السلطان الغزنوي الثاني مسعود بن محمود بن سُبُكتجين (Sebüktijin) (١٠٣٠ ـ ١٠٤٠م). وقد كتبه بعد إقامته في الهند، وكان عمره يناهز الستين عاماً. ويتعدى هذا الكتاب الإطار العادي لكتب علم الفلك، فهو ذو مستوى علمي رفيع ويحتوي على إحدى عشرة مقالة. المقالة الثالثة مكرسة لعلم المثلثات المسطحة والكروية، وتحتوي على عشرة فصول. أحد هذه الفصول مكرس لتحديد ضلع تساعي الأضلاع المنتظم[٥٨]. توصل البيروني، بعد استخدامه لطريقتين هندسيتين مختلفتين، وبفضل **الجبر والمقابلة** إلى المعادلتين التاليتين:

$x^3 = 1 + 3.x$، التي تحققها النسبة $crd(80°)/crd(40°)$ (أي أن $x = 2.cos\ 20°$)،
و $3.x = 1 + x^3$، التي يحققها الوتر $crd(20°)$ (أي أن $x = 2.sin\ 10°$)[٥٩].

وهذا يعبر عن شكلين لمعادلة التثليث. وقد تطرق البيروني في الفصل التالي، وضمن هذا الإطار العام، إلى تحديد وتر درجة واحدة. وأرجع الحل الهندسي لمسألة تثليث زاوية اختيارية إلى حل اثني عشر مسألة تركيب. واختتم هذا الفصل بأربعة حسابات لوتر درجة واحدة، مستنداً في اثنين منها على ضلع تساعي الأضلاع. وقد تناول آخرون فكرة حل معادلة الدرجة الثالثة التي أثيرت في **القانون**. وتم حلُها بطريقة حسابية تكرارية.

إن طريقة تحديد لحظة الاقتران الحقيقي أو الظاهري للكواكب، كما وردت في كتاب **المجسطي**، تمثل هذا النوع نفسه من الطرائق الحسابية التكرارية. وتقدم النصوص الفلكية العربية أمثلة أخرى لهذه الطرائق. ويمكن أن نذكر منها بغية البقاء في مجال حساب المثلثات، الطريقة الثالثة الواردة في **القانون** لتحديد ضلع تساعي الأضلاع. وهي ترتكز على مقاربة وتر الأربعين درجة بالحد الحادي عشر للمتتالية:

$$crd(40° + 2°), crd(40° + \frac{2°}{4}, crd(40° + \frac{2°}{4^2}), \ \dots ,$$

---

(٥٧) تُكتب صيغة ابن يونس، بالمصطلحات المعروفة، كالآتي:
$y = y_0 + (x - x_0).(\Delta y_0 + \Delta y_1)/(2d) + 4[(x - x_0)/(2d)].[1 - (x - x_0)/(2d)](\Delta y_0 - \Delta y_1)/2$،
أي $y = y_0 - \xi(\Delta y_0 + \Delta^2 y_0 + \Delta y_0)/2 - 4.(\xi/2)(1 - \xi/2).\Delta^2 y_0/2$، وهذا ما يعطى الصيغة. انظر:
King, *Spherical Astronomy in Medieval Islam: The Ḥākimī Zīj of Ibn Yūnus.*

(٥٨) انظر: البيروني، **القانون المسعودي**، ج٣: **المقالة الثالثة من القانون المسعودي**، تحقيق إمام ابراهيم أحمد، مجموعة لجنة إحياء التراث الإسلامي (القاهرة: [د.ن.]، ١٩٨٥)، الفصل ٣، و Schoy, *Die Trigonometrischen Lehren des Persischen Astronomen Abū'l Raiḥān Muḥ. Ibn Aḥmad al-Bīrūnī.*

(٥٩) كما لاحظنا سابقاً، لم يتم الحصول على هذه العلاقات انطلاقاً من صيغ الجمع. والتبسيط بـ **الجبر والمقابلة** يعني تبسيط المعادلات المبرهنة هندسياً، كالمعادلتين: $(x^2 - 1)^2 = x^2 + x + 1$ و $2x - x^3 = 1 - x$.

التي تركب تبعاً لمبدأ الاستقراء، استناداً إلى صيغ الجمع بواسطة العلاقات:

$$crd\ u_o = crd\ (72^\circ - 30^\circ)\ ,$$
$$crd\ u_1 = crd\ (30^\circ + u_o/4)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$\ldots,\ crd\ u_n = crd\ (30^\circ + u_{n-1}/4)\ldots$$

ويوجد في **زيج** حبش مثل مهم آخر حيث تُطرح المسألة بخصوص اختلاف المنظر. والمطلوب رياضياً في هذه المسألة هو إيجاد دالة استكمال في الفسحة $[0^\circ, 180^\circ]$، تساوي الصفر في طرفي الفسحة، وتبلغ حدها الأقصى k في النقطة $90^\circ - m$ الحائدة عن مركز الفسحة. وقد اتخذ حبش الدالة φ التالية: $\varphi(t) = k.sin\ \ \theta$ (١)، حيث تعرف θ ضمنياً تبعاً للمتغير t بـ: $t = \theta - m.sin\ \theta$ (٢).

والدالة φ تحقق بوضوح الشروط المطلوبة، وتحلُ المعادلة (٢)، بعد وضعها على الشكل التالي:

$$\theta = t + m.sin\ \theta,$$

بواسطة المتتالية (θ_n) المعرفة بـ: $\theta_o = t$، و $\theta_n = f(\theta_{n-1}) = t + m.sin\ (\theta_{n-1})$، التي تقترب، عندما يزيد العدد n إلى ما لا نهاية، نحو الحل المطلوب(٦٠). لقد عرض هذا الحساب الذي أنجزه حبش، عدة مرات نظراً لبراعته ولأنه يُدخل المعادلة (٢) التي تعرف بـ«معادلة كبلر».

ولقد دُرست أيضاً، بشكل جيد، الطريقة الحسابية التي استخدمها الكاشي في حساب $sin\ (1^\circ)$(٦١). وهي تطبق على معادلة للتثليث شبيهة بالمعادلات التي وردت في **القانون**. وتستخدم هذه الطريقة الحسابية، كما فعلت طريقة حبش، متتالية تحقق العلاقة: $u_n = f(u_{n-1})$. وتستخدم أيضاً تقنيات الجبريين كتلك التي تمكن من بسط عبارات من النوع التالي بواسطة جدول $(60x_{n-1} + q_n)^3 - (60x_{n-1})^3$، وذلك وفقاً للمعادلة التالية:

---

(٦٠) يأخذ حبش $\theta = \theta_5$. إن المقاربة مضمونة، وذلك أن m تساوي 24، مما يجعل العدد الإيجابي $(m.\pi/180)$ أصغر من 1. انظر: Edward Stewart Kennedy and W. R. Transue, «A Medieval Iterative Algorism,» *American Mathematical Monthly,* vol. 63, no. 2 (1956), pp. 80-83; and Edward Stewart Kennedy, «An Early Method of Successive Approximations,» *Centaurus,* vol. 13, nos. 3-4 (1969), pp. 248 - 250,

وقد نشرت المقالتان السابقتان في: Kennedy [et al.], *Studies in the Islamic Exact Sciences.*

(٦١) انظر بخاصة: Franz Woepcke, «Discussions de deux méthodes arabes pour déterminer une valeur approchée de sin 1°,» *Journal de mathématiques pures et appliquées,* vol. 19 (1854), pp. 153-176, and Asger Aaboe, «Al-Kāshī's Iteration Method for the Determination of sin 1°,» *Scripta Mathematica,* vol. 20, nos. 1-2 (March-June 1954), pp. 24-29.

$$(60x_{n-1}+q_n)^3-(60x_{n-1})^3=[(q_n+3.60x_{n-1}).q_n+(3.60)^2x_{n-1}^2].q_n.$$

إن غياث الدين جمشيد الكاشي، كما قلنا سابقاً، هو أحد أواخر كبار العلماء في الإسلام. شغل هذا العالم منصب مدير مرصد سمرقند المهم، في عهد السلطان ألغ بك. وبرز أيضاً كرياضي. لم تكن هذه الطريقة الحسابية معروفة إلا ضمن شرح للجداول الفلكية لألغ بك(٦٢). وهكذا تصعب معرفة مدى اقتباس الكاشي عمن سبقه. ولقد ورد في الشرح المذكور برهان هندسي يثبت فيه أن $sin\ (1°)$ هو حلٌ للمعادلة:

$$x=(x^3+15.60sin\ 3°)/45.60 \qquad (١)$$

ويُبحث عن المجهول x الذي يحقق المتباينة الثنائية: $1;2<x<1;3$، على الشكل التالي:

$$x=q_o+60^{-1}.q_1+...+60^{-n}q_n$$

أي أن x يُكتب بالنظام الستيني $x=q_o;q_1,...,q_n$، إذا افترضنا أن كل q_K أصغر من 60(٦٣). وتهدف الطريقة إلى تحديد الأعداد $q_o,q_1...,q_n$ بالتتابع بواسطة متتالية متقاربة، ويتقدم الحساب في كل مرة إلى الرقم التالي مع أخذ رقم إضافي للعدد $15.60sin\ 3°$ بعين الاعتبار.

وإذا رمزنا إلى حدود المتتالية بـ $x_o=q_o, x_1=q_o;q_1,...,x_k=q_o;q_1,...,q_k$ وبـ $[x]$ إلى الجزء الصحيح من العدد x في النظام الستيني، فإن حساب الكاشي يتتابع، بشكل أوضح، كما يلي: لنكتب انطلاقاً من المعادلة (١)، $x=(x^3+N)/D$ (مع $N=15.60sin\ 3°$ و $D=45.60$). نحصل في المرحلة الأولى على العدد q_o الذي يساوي الجزء الصحيح من N/D فنستنتج $x_o=q_o$. ثم نستخدم r_o باقي قسمة N على D، أي $r_o=N-D.q_0$، لنضع المعادلة (١) على الشكل:

$$x-x_o=(x^3+r_o)/D$$

ثم نحسب $q_1=(x_o^3+r_o)/(60^{-1}.D)$، فنحصل على $x_1=q_0;q_1=q_0+60^{-1}.q_1$، ونستنتج الباقي: $r_1=(x_0^3+r_0)-60^{-1}.Dq_1$ فتصبح المعادلة:

$$x-x_1=(x^3-x_o^3+r_1)/D$$

(٦٢) انظر: Louis Pierre Eugène Amélie Sédillot, *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oulough Beg*, 2 vols. in 1 (Paris: Firmin, 1847), pp. 77-83.

(٦٣) يستطيع القارئ أن يتحقق، استناداً إلى حساب q_k الوارد في الفقرة اللاحقة، من أن هذا الشرط غير مؤكد (لأن المتباينة $x<1;3$ تعطي فقط $q_k\leq 64$). وإن الحصول على $q_k>59$ ينتج من الحصول على رقم سابق أصغر من قيمته الحقيقية بـ 1، عندما نستبدل x^3 بـ x_{k-2}^3 في المعادلة التي تعطي q. ويصحح الخطأ تلقائياً في المرحلة التالية.

وهكذا تصبح المعادلة التي يجب حلها، في المرحلة ذات الرقم $(k+1)$، $(k+1)$ $x - x_{k-1} = (x^3 - x_{k-2}^3 + r_{k-1})/D,$، ومنها نحصل على:

$$q_k = (x_{k-1}^3 - x_{k-2}^3 + r_{k-1})/(60^{-k}.D)$$

ثم على $x_k = x_{k-1} + 60^{-k}.q_k$ وعلى $r_k = (x_{k-1}^3 + x_{k-2}^3 + r_{k-1}) - 60^{-k}.Dq_k$. ويكتفي الشارح بذكر حساب أعداد المنزلات الخمس الأولى انطلاقاً من قيمة صحيحة بثماني منزلات لـ $sin\ (3°)$. ويقول إن الكاشي حدد أعداد المنزلات العشر الأولى $sin\ (1°)$. ويمكننا أخذ فكرة عن جودة حساباته في مؤلف آخر مشهور وهو **الرسالة المحيطية**. وهذا المؤلف مكرس لتحديد العدد π بطريقة مختلفة عن طريقة أرخميدس، حيث يكون π حداً للمتتالية:

$$3.2^n \sqrt{2 - \sqrt{2 + \sqrt{2 + \ldots + \sqrt{2} + 1}}}$$

وهكذا يحصل الكاشي تماماً على أعداد المنزلات العشر الأولى في النظام الستيني لـ π، مستخدماً طريقة مناسبة لتحديد الخطأ[٦٤]. إن جدول الجيوب في كتابه **الزيج الخاقاني**، مدرج بدقائق الأقواس وأعداده صحيحة في المنزلات الأربع الأولى[٦٥]. إن دقة الحساب العددي التي أُهملت من قبل علماء الفلك في القرنين التاسع والعاشر للميلاد، تميز هذه الفترة الأخيرة الممثلة بمدرسة سمرقند. ولقد استفادت من التقدُم الذي حصل في الجبر ومن أعمال الرياضيين وبخاصة مثل السموأل المغربي وشرف الدين الطوسي.

وقد يكون من المبالغة القولُ بعدم وجود شيء في علم المثلثات قبل القرن التاسع الميلادي. فمفهوم الجيب هندي والأسس عائدة إلى العصر اليوناني مع جدول الأوتار ومبرهنة منلاوس الكروية. ولكن العلماء العرب استخدموا هذه المكتسبات وحولوها إلى علم مرمّز، وهذا ما تمثل في **كتاب رباعي الأضلاع**. وتحولت، بين أيديهم، حسابات **المجسطي** الهندسية بواسطة جدول الأوتار، إلى أداة ذات مرونة فريدة. وتطورت تقنيات أخرى عديدة للحساب الفلكي، مثل استخدام الدالات المساعدة والاستكمال والطرق

---

(٦٤) ترتكز هذه الطريقة على حساب الضلع C_n لمضلع منتظم محوط ذي 3.2^n ضلعاً بواسطة العلاقة: $c_n = \sqrt{4.R^2 - u_n^2}$، حيث $u_n = crd(180° - 120°/2^n)$، مع $u_0 = R$ و $u_n = \sqrt{R.(2.R + u_n^2}$. يحدد الكاشي أولاً عدد التنصيفات، n، المناسب لبلوغ الدقة الحسابية المطلوبة. وهكذا يجد $n = 28$ و $2\pi R = 6,16;59,28,1,34,51,46,14,50$. وهذا ما يعطي بعد التحويل إلى النظام العشري، $2\pi = 6,2831853071795865$. انظر: Paul Luckey, «Der Lehrbrief über den Kreisumfang von Gamshīd b. Mas'ūd al-Kāshī,» *Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Bd. 6 (1950).

(٦٥) انظر: Javad Hamadanizadeh, «The Trigonometric Tables of al-Kāshī in His *Zīj-i Khāqānī*,» *Historia Mathematica*, vol. 7 (1980), pp. 38-45.

الحسابية التكرارية. إن دالة الظل والعلاقات الأولى في المثلث ومفهوم المثلث القطبي، من بين المكتسبات العلمية في تلك الحقبة. ونحن نجد ثانية، في هذا المجال الخاص المتشعب من النشاطات الفلكية، النهج الخاص للرياضيين العرب. فقد قاموا بقراءة متجددة دون انقطاع ومغتنية بالنصوص القديمة ومصححة لها. وهكذا استطاعوا تكوين علم جديد كانت تلزمه بعض التطوُرات قبل أن يصبح عنصراً لا غنى عنه في الحساب الرياضي.

- ١٦ -

تأثير الرياضيات العربية في الغرب في القرون الوسطى

أندريه آلار(*)

ومرة أخرى يستحق أن يذكر البونُ الهام الذي يفصل بين الأعمال العربية في الرياضيات ومعرفة الغرب بها في القرون الوسطى. وإذا استثنينا المخطوطة اللاتينية الوحيدة التي تشهد منذ العام ٩٧٦م على الأرقام الهندية العربية[(١)]، وكذلك على إسهام جيربير دورياك (Gerbert d'Aurillac) وخلفائه في حقل «العدادات» الحسابية[(٢)]، فلا شيء يظهر في المؤلفات اللاتينية السابقة للقرن الثاني عشر للميلاد، من الأعمال العربية العديدة التي أعدت خلال الفترة الممتدة من الربع الأول من القرن التاسع للميلاد في عصر الخوارزمي حتى الربع الثاني للقرن الثاني عشر للميلاد، بعد وفاة الخيام (١١٢٣م) بزمن قصير. ونعلم من جهة أخرى ومنذ بروز كتاب هاسكنز (Haskins): **دراسات في تاريخ العلوم في القرون الوسطى** *Studies in the History of Mediaeval Science* أن تأثير العلم العربي في الأعمال اللاتينية لم يظهر في الواقع قبل النصف الثاني من القرن الحادي عشر للميلاد. وصحيح أن هذا الظهور اقتصر على مؤلفات ألفانوس دو ساليرن (Alfanus de Salerne) أو خاصة

(*) المؤسسة الوطنية للبحث العلمي (FNRS) البلجيكية، لوفان - بلجيكا.

قام بترجمة هذا الفصل منى غانم وعطا جبور.

(١) *Codex Vigilianus* من الاسكوريال (Escurial)، كُتب في دير Albelda (البلدة) الإسباني المستعرب في وادي الإبر (Ebre) أيام السيطرة الإسلامية. انظر: David Eugene Smith and Louis Charles Karpinski, *The Hindu-Arabic Numerals* (Boston; London: Ginn and Co., 1911), pp. 137-139.

(٢) وهي آلات حسابية عرفت في الغرب بالـ «Abaques». (المترجم).

قسطنطين الأفريقي (Constantin l'Africain) وتلميذيه أتو ويوهانس أفلاسيوس (Atto & Iohannes Afflacius) في مجال الطب[٣]. ولكنه مع ذلك كان من المؤشرات الأولى التي عبرت عن اهتمام بالعلوم الشرقية التي عرفت أولى فترات ازدهارها في الترجمات العديدة في القرن الثاني عشر للميلاد. وحتى لو سلمنا بأن عبارة «النهضة» (Renaissance) التي استخدمت، منذ هاسكنز للدلالة على هذه الفترة، لها ما يبررها، فإن المعرفة المجتزأة للعديد من النصوص المتعلقة بالعلوم الدقيقة، لم تمكن مؤرخي علوم فترة القرن الثاني عشر سوى من صياغة مجموعة من التساؤلات أو من إطلاق بعض الفرضيات غير المؤكدة تماماً اليوم.

إن دراسة عدد من النصوص الأولى، التي تكشف عن التأثير العربي في القرن الثاني عشر للميلاد، تسمح بمقاربة وبمعالجة أكثر دقة لهذا الموضوع كما تمكن من المراجعة الحذرة لبعض الآراء التي سُلم بها واعتُبرت أكيدة نتيجة لبعض التسرع. ولا بد هنا من الإشارة إلى ندرة النصوص العربية المكتوبة بين القرن التاسع والثاني عشر التي تم نشرها حديثاً. هذا النقص يتناول بشكل خاص النصوص المتعلقة بعلم الحساب والمذكورة مثلاً في أعمال ابن النديم أو القفطي. ولهذا السبب انطوت معرفتنا بمصادر المترجمين اللاتين الأوائل على ثغرات جدية. ونحن، إذ لا نقدم هنا وصفاً دقيقاً لكل من أعمال القرون الوسطى التي يظهر فيها التأثير العربي، فسوف نشدد على المراحل الأولى ـ المجهولة غالباً ـ للتعرف الغربي البطيء على علوم الحساب والهندسة والجبر، كما سنشدد على الأعمال اللاتينية اللاحقة الأكثر أهمية في هذه المجالات.

أولاً: علم الحساب «الهندي» والصيغ اللاتينية الأولى لعلم الحساب العربي

على أثر انحطاط الإمبراطورية الرومانية، وجد علماء القرون الوسطى أنفسهم مضطرين للاستيحاء من المؤلفات المحدودة في علم الحساب العملي أو حتى في الحساب الإصبعي، ذلك ما أملاه غياب المصادر الأخرى التي من شأنها حفظ الإرث العلمي القديم. تدل على هذا الواقع مؤلفات مثل: كتاب *De Nuptiis Philologiae et Mercurii* لمارتيانوس كابللا (Martianus Capella) (عام ٤٠٠م)، وكتاب *De Institutione arithmética*

---

(٣) انظر بهذا الشأن: Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1967-1982), especially vol. 3: *Medizin*, pp. 266, 295-297 and 304-307; H. Schipperges, «Die Assimilation der Arabischen Medizin durch das Lateinische Mittelalter,» *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften*, Bd. 3 (1964), pp. 17-54.

وعدة مقالات لـ ر. كروتز (R. Creutz)، في: *Studien und Mitteilungen zur Geschichte der Benediktiner-Ordens und seiner Zweige*, especially vol. 47 (1929), pp. 1-44; vol. 48 (1930), pp. 301-324, and vol. 50 (1932), pp. 420-442.

لبُويس (Boèce) (ت ٥٢٤/ ٥٢٥م)، وكتاب *Les Etymologiae* لإيزيدور الإشبيلي (Isodore de Séville) (ت ٦٣٦م) وبشكل خاص القسم من مؤلف بيد الموقر (Bède le Vénérable) (ت ٧٣٥م) الذي يحمل العنوان *Loquela per gestum digitorum*؛ كل هذه المؤلفات شكلت القاعدة الأساس لعلم حساب بقي بدائياً. وهكذا، فإن كتاب ألكوين (Alcuin) (ت ٨٠٤م) *Propositiones ad acuendos juvenes* وهو من المؤلفات الأوسع شهرة في أوائل القرون الوسطى لا يشكل سوى سلسلة من مسائل تقليدية بسيطة مثل تلك التي تتعلق بعمر ولد أو بسعة حوض. وتشهد على استمرار طرح مثل هذه المسائل البسيطة مؤلفات مثل كتاب يوحنا الطليطلي (Jean de Tolède)[٤] (حوالى ١١٤٣م) حيث نجد مثلاً مسألة سن يمكن التعبير عنها بمعادلة مكافئة للتالية[٥]:

$$2x + \frac{x}{2} + \frac{x}{4} = 100$$

وفي كتاب فيبوناتشي (Fibonacci) (١٢٠٢) ذي العنوان *Liber abaci* نجد مسألة «De iuuenis uita reperienda» التي يمكن التعبير عنها بالمعادلة[٦]:

$$3x + \frac{x}{3} + \frac{x}{5} = 100$$

وأخيراً، نجد مثل هذه المسائل البدائية في مؤلف كلافيوس (Clavius) (ت ١٦١٢م) وحتى في مؤلفات لاحقة. وحسب شهادة غليوم دو مالمسبوري (Guillaume de Malmesbury) فإن جيربير دورياك (Gerbert d'Aurillac) (ت ١٠٠٣م) هو صاحب الفضل باقتباس الآلة الحسابية المسماة «Abaque» عن عرب الأندلس. وهي آلة ذات أعمدة تنتقل عليها فِيَش (apices) مرقمة أو غير مرقمة[٧].

---

(٤) انظر لاحقاً الخلط المغلوط بين هذا المؤلف والمترجم يوحنا الإشبيلي (Jean de Séville).

(٥) انظر: Baldassare Boncompagni-Ludovisi, *Iohannis Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice*, Trattati d'aritmetica; II (Roma: Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1857), p. 118.

(٦) Baldassare Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi* (Roma: Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1857-1862), vol. I, p. 177.

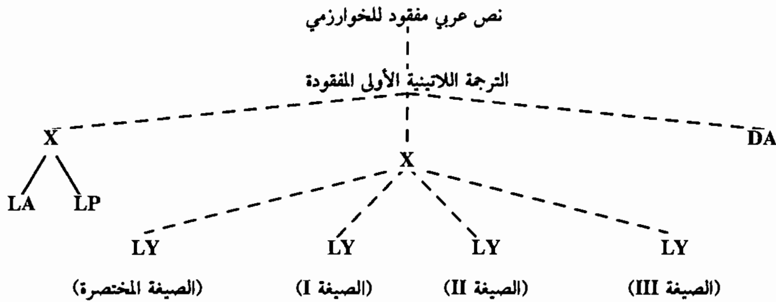
(٧) نحن لا نعتقد مع ذلك أن الأرقام الهندية ـ العربية قد انتشرت في الغرب عن طريق فيتش الجداول الحسابية، إنما قبلها بواسطة مخطوطات الحساب الهندي. في هذا الموضوع انظر ما جاء في فصلنا لاحقاً، وانظر أيضاً: Guy Beaujouan, «Etude paléographique sur la «rotation» des chiffres et l'emploi des apices du X^e au XII^e siècle,» *Revue d'histoire des sciences*, vol. 1 (1948), pp. 301-313.
لنسجل أن جيربير (Gerbert) أتى مرتين على ذكر كتيب مفقود اليوم *De multiplicatione et Diuisione* لجوزيف لوساج Joseph le Sage (Joseph Hispanus). يكتفي المؤلف دون شك بوصف العمليتين الأصعب عن طريق الجداول الحسابية (Abaque).

غير أن أول إسهام علمي عربي رئيسي في تكوين العدة الرياضية في العلم الغربي ابتداءً من القرن الثاني عشر كان **الحساب الهندي**، أي علم الحساب الوضعي الذي يستخدم الأرقام التسعة إضافة إلى الصفر.

ففي حوالى العام ٨٢٥م، كتب محمد بن موسى الخوارزمي، أحد أبرز أعضاء «بيت الحكمة» في بغداد مؤلفين في علم الحساب، إلا أنهما قد فقدا بلغتهما الأصلية وهي العربية(٨)، وكان قد سبقهما بكتابه الشهير عن الجبر. وتعكس نصوص لاتينية عديدة من القرن الثاني عشر للميلاد صيغاً مختلفة لعلم الحساب هذا نجدها في حوالى أربع وعشرين مخطوطة محفوظة إلى يومنا(٩):

- *Dixit algorizmi*، ونختصره بـ *DA*.
- *Liber Ysagogarum Alchoarismi* (ونختصره بـ *LY* ويوجد منه أربع صيغ إحداها مختصرة).
- *Liber Alchorismi (LA)*.
- *Liber Pulueris (LP)*.

وبصرف النظر عن الروابط بين هذه المخطوطات(١٠)، نستطيع أن نلخص العلاقات بين النصوص المذكورة بالطريقة التالية:



---

(٨) عن الاسم الحقيقي للمؤلِف العربي ومحتوى مؤلفه في الجبر، انظر: Roshdi Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, collection sciences et philosophie arabes (Paris: Les Belles lettres, 1984), pp. 17-29.

كان للخوارزمي بالفعل مؤلفان في علم الحساب والإثنان مفقودان: أحدهما مكرس تماماً للحساب الهندي (**الحساب الهندي**)، والآخر، وقد أتى على ذكره أبو كامل، كان يعالج بالتأكيد مسائل حسابية (**كتاب الجمع والتفريق**).

(٩) تم نشر وترجمة جميع هذه الصيغ، في: André Allard, *Muḥammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XIIe siècle* (Paris; Namur: [s. n.], 1992), pp. 1 - 224.

(١٠) يظهر تاريخ مفصل في مقدمة أندريه آلار، في: المصدر نفسه.

عُرف النص *DA* جيداً على أثر طبعه مرات متتالية[(١١)]. ويعتبر هذا النص بالإجماع، على الرغم من كونه جزئياً ومحتوىً في مخطوطة واحدة، الترجمة الأقدم الصادرة عن النص العربي المفقود للخوارزمي[(١٢)]؛ وتشهد عدة أدلة لصالح هذا الافتراض وهي:

ـ بداية النص وهو دعاء يشبه إلى حد بعيد التوسل التقليدي الذي يتصدر النصوص العربية[(١٣)]؛

ـ الرجوع ثلاث مرات إلى أعمال الخوارزمي[(١٤)]؛

ـ الإشارة مرتين إلى الأصل الهندي للحساب الوضعي[(١٥)]؛

ـ الإشارة إلى المؤلف الجبري للخوارزمي بتعابير ليست بالضبط تلك التي نجدها في الترجمات اللاتينية المعروفة لهذا الجبر على الرغم من التشابه الكبير معها؛

ـ أخيراً وجود عبارات أو تعابير غير مألوفة باللغة اللاتينية تظهر الأصل العربي مثل «diuidere super» (diviser par) (قسم على) بدل «diuidere per» أو «in» (في)، و «exitus» (مخرج) بدل «dénominatio» (dénominateur). . . .

ويحتوي النص على وصف دقيق للعمليات الأساسية المستعملة تقليدياً على الأعداد الصحيحة (جمع، طرح، توسط، نسخ، ضرب، قسمة)[(١٦)]. وكذلك يحتوي النص على اعتبارات تتعلق بالكسور الستينية المنسوبة هي أيضاً إلى الهنود والمعتبرة كحالة خاصة من الكسور العادية. ولا بد أن يكون الفصل المتعلق باستخراج الجذر التربيعي قد احتل قسماً

---

(١١) انظر: Baldassare Boncompagni-Ludovisi, *Algoritmi de numero Indorum,* Trattati d'aritmetica; I (Roma: Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1857); Kurt Vogel, ***Mohammed Ibn Musa Alchwarizmi's Algorismus: Das Früheste Lehrbuch zum Rechnen mit Indischen Ziffern*** (Aalen: Otto Zeller Verlagsbuchhandlung, 1963); M. A Youschkevitch, «Über ein Werk des Abū 'Abdallah Muhammad Ibn Musa al-Huwarizmi al Magusi zur Arithmetik der Inder,» in: ***Schriftenreihe für Geschichte des Naturwissenschaftlichen Technik und Medizin,*** Beiheft z. 60 Geburtstag v. G. Harig (Leipzig: [n. pb.], 1964), pp. 21-63, and Allard, Ibid.

وبداية النص ظهرت قبلاً عند: James Orchard Halliwell-Phillips, *Rara Mathematica* (London: J. W. Parker, 1841), p. 73, note (3).

(١٢) نلاحظ مع ذلك، أن نقل مخطوطة كامبريدج (University Library Ii. 6.5) والمؤرخة تقليدياً في القرن الثاني عشر للميلاد وأحياناً في القرن الرابع عشر، قد تم، على ما يبدو، حوالى العام ١١٥٠، حسب أعمال حديثة جارية لـ ر. تومسون (R. Thomson).

(١٣) Allard, Ibid., p. 1.

(١٤) المصدر نفسه، ص ١، ١ و١٢؛ ٢، ١١.

(١٥) المصدر نفسه، ص ١، ١٢؛ ٢، ٢٣.

(١٦) غير أن الترتيب في عرض هذه العمليات ليس متشابهاً في جميع النسخات اللاتينية.

لاحقاً من هذا النص (وهو نص لم يزل غير مكتمل). فقد حوت كل الطبعات اللاتينية مثل هذا الفصل بعد الفصل المكرس للكسور. ولكن يبدو جلياً أن مخطوطة كامبريدج تحتوي على ثغرات تمنعنا من النظر إلى *DA* على أنه المرجع الوحيد الأقرب إلى الأصل العربي المفقود، كما تمنعنا من اعتبار الصيغ الأخرى كصيغ لاتينية معدلة من *DA*، ذات صدقية هشة وذات محتوىً قد خضع فقط للزيادة. هذا ما تظهره بشكل خاص عملية طرح الأعداد التي يمكن تقسيم مختلف مراحلها (حسبما تدل عليه مقارنة مختلف الطبعات) إلى عدد من العمليات والتعليمات[١٧]؛ فالعملية الخامسة، التي تملي كتابة الصفر عندما يكون حاصل الطرح منعدماً، غائبة قطعياً عن النص *DA*، ولكن باستطاعتنا التكهن بسهولة أن المؤلف أخذها بعين الاعتبار لأنه اقترح المثل عن عددٍ «لا يبقى منه شيء في مواضعه»[١٨]. وبالفعل، فبطرحنا ١٤٤ من ١١٤٤ تصبح كتابة الأصفار ضرورية: وهذا قد طبق دون شك في قسم ضائع[١٩]. ونجد مثلاً ثالثاً لم نعرف بالضبط ما رمى المؤلف من ورائه[٢٠]، حيث لا بد أن يكون المقصود (كما في الـ *LA*) الدلالة على كيفية العمل عندما يحتوي العدد الأكبر، الذي نطرح منه، على أصفار. ولا بد أن تكون كلتا طريقتي البرهان (البرهان بالجمع أو «بواسطة التسعة» الموجودة في الـ *LA* والـ *LP*) مذكورتين في القسم المفقود. فمن المناسب، إذاً، ألا ننظر إلى الـ *DA* على أنه الصيغة الوحيدة التي ينبغي اعتبارها الأقرب من نص الخوارزمي الأصلي[٢١]. وسوف نرى، إضافة إلى ما ذكرنا، أن تأثير علم الحساب اللاتيني التقليدي، الغريب عن التأثير العربي، ليس غائباً عن هذا النص؛ ولكن ذلك لا يحجب كون الـ *DA* قد حوى في بعض نقاطه إرثاً غائباً في النصوص الأخرى، من غير الممكن تجاهله. فنجد فيه اقتراحاً بقراءة العدد: 1180703051492863 بتجزئته إلى عددٍ معين من «المتتاليات» (Uices) والتي تسمح بالتحديد السهل لمواقع قوى الألف بطريقة تشبه طريقتنا في استعمال الأسس:

---

(١٧) انظر: André Allard, «A Propos d'un algorisme latin de Frankenthal: Une méthode de recherche,» *Janus*, vol. 45 (1978), pp. 119-141.

نذكر أن بدء العملية من اليمين في الـ *Ly* (car. 6) هو عمل أبي منصور فحسب. فلم يعرف كوشيار بن لبان والإقليدسي والنسوي كما *DA* و*LP* إلا البدء من الشمال (*car.7*)، بينما يقترح الطوسي، كما *LA*، الطريقتين مع تفضيلٍ للبدء من الشمال.

(١٨) انظر: Allard, *Muhammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XIIe siècle*, pp. 8, 30 - 31.

(١٩) المصدر نفسه، ص ٩، ١٠.

(٢٠) المصدر نفسه، ص ٨، ٨: *tribus modis*.

(٢١) إن هذا التفوق للـ *DA* وحتى التأكيد على أنها ترجمة لاتينية لمؤلَّف الخوارزمي، لا يزال يظهر حتى عند أفضل المؤلفين؛ وفي الواقع يعود إلى الثقة بأمر متعارف على القبول به ضلله السياق العام للنص. انظر مثلاً: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, p. 9.

(1000^5)	(1000^4)	(1000^3)	(1000^2)	(1000)	
5 *uices*	4 *uices*	3 *uices*	2 *uices*		
1	180	703	051	492	863

وهذه الطريقة في القراءة، وكذلك كلمة «*uices*» لا تظهر في أي من النصوص اللاتينية المذكورة[٢٢].

بينما كان شال (Chasles) منذ العام ١٨٣٧م يعارض الفكرة التي تقول بأن الـ *Liber abaci* لفيبوناتشي كان أول عمل يُدخل إلى الغرب الحساب الهندي الموروث عن العرب[٢٣]، كان ليبري (Libri) (١٨٣٨م) يدعم، وبشكل حازم، الرأي السابق، غير أنه كان يذكر وجود مخطوطة في باريس تحتوي على كتاب[٢٤] *Liber ysagogarum alchorismi in artem astronomican in Magistro A compositus*. ومع ذلك، لم تتحقق شهرة النص *DA* إلا عندما نشر ناغل (Nagl) في العام ١٨٨٩م نسخة مختصرة منه موجودة في المخطوطة ٢٧٥ من فيينا، اعتبر فيها المؤلف أن تاريخ وضع النص سابق للعام ١١٤٣م، وبهذا تأييد لرأي شال[٢٥]. وقد نشر كورتز (Curtze) في العام ١٨٩٨م، وبطريقة أكثر شمولية، النص الحسابي الموجود في مخطوطة ميونيخ ذات الرقم ١٣٢٠١[٢٦]. وفي العام ١٩٠٤م، كتب تانّري مذكرة قصيرة نشرت بعد وفاته المفاجئة في السابع والعشرين من تشرين الثاني[٢٧]؛ وفيها يذكر هوية نص

---

(٢٢) غير أن كلمة «*uices*» تدل في الـ *Liber abaci* لفيبوناتشي على ضرب الأعداد الصحيحة (٧» تتاليات لـ ٧ تصبح ٤٩»).

(٢٣) انظر: M. Chasles, «Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie,» *Mémoires de l'académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles,* vol. 11 (1857), pp. 510-511.

(٢٤) يدلُ العنوان المعطى والإشارة ٩٨٠ من الـ «Fonds sorbonnes» على أن المقصود هو المخطوطة اللاتينية الحالية، انظر: مخطوطة المكتبة الوطنية، ١٦٢٠٨، و Guillaume Libri, *Histoire des sciences mathématiques en Italie: Depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle,* 2 vols. (Paris: Renouard, 1938), pp. 47 et 298.

(٢٥) انظر: A. Nagl, «Über eine Algorismus-Schrift des XII. Jahrhunderts und über die Verbreitung der Indisch-Arabischen Rechenkunst und Zahlzeichen im Christl. Abendlande,» *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Historisch - Literarische Abteilung,* Bd. 34 (1889), pp. 129-146 and 161-170.

غير أن التأريخ مغلوط. نحن نرى، مع فيختنو (Fichtenau)، أن ١١٤٣ تشكل *«terminus post quem»*. انظر: H. von Fichtenau, «Wolfger von Prüfening,» *Mitteilungen der Österreich. Institut für Geschichtsforschung,* Bd. 51 (1937), p. 320.

(٢٦) انظر: M. Curtze, «Über eine Algorismus-Schrift des 12. Jahrhunderts,» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik,* Bd. 8 (1898), pp. 3-27.

(٢٧) انظر: Paul Tannery, «Sur l'auteur d'un texte algorithmique du douzième siècle publié =

المخطوطة الباريسية وهوية طبعة كورتز، موحياً، فضلاً عن ذلك وبحذر، أن «العمل [عمل المؤلف] باستطاعة أدلار دو باث (Adélard de Bath) القيام بمثله على ما يبدو». وقد عمم مؤلف هاسكنز (Haskins) هذا الافتراض على الرغم من تحفظات المؤلف، وعلى الرغم من الإشارة إلى تشابه أكيد مع جزءٍ من المؤلف الفلكي لبيار ألفونس (Pierre Alphonse)(٢٨).

يبدو مناسباً، وقبل أن نحدد الشهادة التي يقدمها الـ *LY (Liber Ysagogarum)* عن إدخال العلوم العربية إلى الغرب اللاتيني، أن نحدد محتوى هذا الـ *LY* ومكانته وسط ترجمات القرن الثاني عشر للميلاد.

يحتل القسم الحسابي من الـ LY الكتب الثلاثة الأولى (من خمسة) حيث كُرس الكتابان الأخيران وبإيجاز للهندسة وللفلك. فالدراسة الكاملة للنص، مرفقة بدراسة كتاب *De opere astrolapsus* لأدلار دو باث قد أعطت اليوم عناصر لم يكن باستطاعتها الظهور إلى الآن(٢٩). لنعتبر أولاً (وهذا مؤكد) أن الجداول الزمنية في الكتاب الخامس قد احتُسبت على أساس تاريخ الأول من تشرين الأول/ أكتوبر للعام ١١١٦م، وأن الصيغة المختصرة، المرتبطة بالصيغة الأولى *(I)*، قد كتبت بعد العام ١١٤٣م بقليل. فعلى اعتبار أنّ هذا المؤلف مجموعة متجانسة تعود جميع أجزائها إلى الكاتب الواحد نفسه، يمكننا القول إنه، أي هذا المؤلّف، قد وُضع حوالى أواسط القرن الثاني عشر. ومن جهة أخرى، لم يظهر عند أدلار دو باث أيُ شكل لأي رقم خاص بالحساب الهندي. والأمر ذاته ينطبق على بيار ألفونس،

= par Curtze,» *Bibliotheca Mathematica*, vol. 3, no. 5 (1904), réimprimé dans: *Mémoires scientifiques*, vol. 5, pp. 343-345.

(٢٨) انظر: Charles Homer Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science,* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1924), p. 24, reprinted (New York: Ungar Pub. Co., 1960).

وعلى القاعدة نفسها لفرضية هاسكنز، فإن النسب لبيار ألفونس (Pierre Alphonse) قد أوحى به مجدداً: José Mª. Millás Vallicrosa, «La Aportación astronómica de Petro Alfonso,» *Sefarad,* vol. 3 (1943), p. 83;

واعترف به شكلياً فيما بعد: Richard Lemay, «The Hispanic Origin of Our Present Numeral Forms,» *Viator*, vol. 8 (1977), p. 446, note (46).

وسنرى لاحقاً أنه لا يمكن الاحتفاظ بهذا الوضع.

(٢٩) بالرغم من إشارة الكتاب الرابع الـ *LY* إلى الموسيقى *(De musicis ac geometricis rationibus)*، فهو لا يحتوي سوى على الهندسة: وحدها المخطوطة A 3 sup من ميلانو (الصيغة الثانية المضافة) تحتوي على اعتبارات مقتضبة عن العلاقات الموسيقية، وعلى غرار نشرة كورتز (Curtze)، لم تأخذ نشرتنا المؤقتة من *LY* في العام ١٩٧٥ بعين الاعتبار إلا الجزء الحسابي من المؤلف. انظر: André Allard, «Les Plus anciennes versions latines du XIIe siècle issues de l'arithmétique d'al-Khwārizmī,» (Louvain: 1975), (non publié).

وقد قام ب.ج. ديكاي (B. G. Dickey) بشرح ونشر مجمل النص مرفقاً بـ *De opere astrolapsus*. انظر: B. G. Dickey, «Adelard of Bath: An Examination Based on Heretofore Unexamined Manuscripts,» (Unpublished Thesis, Toronto, University of Toronto, 1982).

حيث الجداول الزمنية في الكتاب الخامس في الـ LY تشبه جداول هذا المؤلف في الصفحة ١١٤ (وجه) من المخطوطة ٢٨٣ من «Corpus Christi College» (أوكسفورد). ونحن نعلم أن بيار ألفونس قد أسس عمله على التطابق مع الجداول الخوارزمية؛ وبدافع من بيار، الذي من الممكن أن يكون أدلار دو باث قد التقاه خلال إقامة في انكلترا، قام هذا الأخير بترجمة الجداول الخوارزمية في العام ١١٢٦م[٣٠]. علاوة على ذلك، فإن مصطلحات الكسور الستينية في الـ LY (tercia، secunda، minuta، gradus) لا تتطابق قط مع مصطلحات بيار ألفونس (gradus, puncti, minutiae, minutiae, minutiarum) الذي لا يسمح مؤلّفه باستنتاج أنه كان على إلمام بالطرق العملية للحساب الهندي. هذا يدل على ضرورة إجراء تحليل جديد لتوالي أدلار دو باث وبيار ألفونس ككاتبين لـ LY.

فمنذ العام ١٩٠٤م، أوضح تانّري (Tannery) أنه لم يجد في الكتاب الرابع، غير المطبوع حتى ذلك الحين، والمكرس لهندسة موجزة، سوى استعارة من العلوم العربية. ومن أمثلة هذه الاستعارة القيمة التقريبية لـ π وهي $\sqrt{10}$، التي اعتُبرت أفضل من القيمة 22/7[٣١]. ويبدو مناسباً، وقبل تفحص المحتوى الحقيقي لهذا الكتاب، أن نوضح العلاقات بين مختلف صيغه. وفيما يتعلق بالجزء الحسابي وكذلك بالجزء الهندسي، نجد أن الصيغة الثانية (II) من مخطوطات ميلانو وباريس ليست سوى الصيغة الأولى (I) من المخطوطات الأخرى والتي زيد عليها بشكل واسع. فبعد أن تقدم الصيغ (I) و(II) و(III) وصفاً لـ «صنف أول» من عمليات الضرب الناتجة عن ضرب الأعداد التسعة الأولى بعضها ببعض، بواسطة جدول متداخل، نراها، كما في الصيغة المختصرة، تقدم طريقة يمكن التعبير عنها كالتالي[٣٢]:

إذا كان $10 - a < b < a < 10$، يكون:

$$ab = 10[b - (10 - a)] + (10 - a)(10 - b)$$

---

(٣٠) انظر: Otto Neugebauer, «The Astronomical Tables of al-Khwārizmī,» *Hist. Filos. Skr. Dan. Vid. Selks.*, vol. 4, no. 2 (1962), pp. 143-145, and Dickey, Ibid., pp. 83-84.

حيث يلفت الانتباه إلى أن والشر دو مالڤرن (Walcher de Malverne) (المتوفى العام ١١٣٥م) تلميذ بيار ألفونس، قد استعمل عادة في الـ *De dracone* الأرقام الهندية دون أن يأتي بهذا الخصوص على ذكر إرث معلمه، خلافاً لما يعلن بشأن الكسور الستينية؛ (وذلك إلى جانب الأرقام الرومانية). ومن المحتمل أن تكون الأرقام الهندية عائدة إلى ناسخ مخطوطة الـ *De dracone* أو أن والشر دو مالڤرن قد عرفها عن طريق آخر غير بيار ألفونس.

(٣١) انظر: Tannery, «Sur l'auteur d'un texte algorithmique du douzième siècle publié par Curtze,» p. 344.

(٣٢) انظر: Allard, *Muḥammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XII^e siècle*, pp. 27, 18-21; 37, 1-15, et 36, 5-7.

وتنفرد الصيغة (II) بتقديم طريقة أخرى:

إذا كان $a < 10$ و $b < 10$، يكون:

$$ab = 10b - b(10 - a) = 10a - a(10 - b)$$

وأصل هذه الطرق غير مؤكد. ولقد ورد، في المثل المعطى عن ضرب ٨ بـ ٧ الذي قدمه أبو الوفاء في القسم الثاني من مؤلفه الحسابي المكتوب بين عامي ٩٦١ و٩٧٦م، وصف يعادل الطريقة الأولى. ونجد مجدداً هذه الطريقة في كتيب *algorisme* لاتيني مجهول المؤلف في دير «سالم» (Salem)، من المحتمل أن يكون قد كتب في بداية القرن الثالث عشر[٣٣]. ولكن بعكس الـ LY والصيغ التي تلتها والتي افترضت $a > b$، لم يكن على المؤلف العربي أن يهتم بالأعداد السالبة طالما أنه أظهر الطريقة عينها على مثل ضرب ٣ بـ ٥. ويمكن للطريقة الأخرى، الخاصة بالصيغة الثانية (II) والتي لا نعرف معادلاً عربياً لها، أن تكون ناتجة عن الطرق العملية للحساب الإصبعي التقليدي. نجد هذه الطريقة أيضاً في *l'Algorisme de Salem* وفي *l'Algorismus Vulgaris* لجان دو ساكروبوسكو (Jean de Sacrobosco) والذي لم يستوح الـ LY[٣٤]. بيد أن زيادات أخرى على الصيغة الثانية (II) تدل بالتأكيد على تأثير التقليد المبني على **الأصول** لإقليدس وعلى **علم الحساب** لبويس[٣٥]. غير أن مخطوطات الصيغة الثانية فقط أعطت لهذا المؤلف العنوان *Liber Ysagogarum Alchorismi*؛ وهو العنوان الذي أعطته له مخطوطة باريس رقم ١٦٢٠٨، ناسبة تأليفه إلى «المعلم A»، «a Magistro A compositus». ومهما تكن هوية هذا «المعلم A»، فلم يكن سوى مؤلفٍ لصيغة فيها بعض الزوائد.

وفيما يتعلق بالصيغة الثالثة (III) والتي يشير مستهلُّها الخاص إلى فرنسا، فإنها تحتوي على أجزاء عديدة مماثلة للصيغة الأولى أو للصيغتين الأولى والثانية، ولكنها تحتوي أيضاً على عدد من النصوص والأمثلة التي، وإن كان لها صلة بالمواضيع عينها، إلا أنها كُتبت بطريقة

---

(٣٣) غير أن الكاتب المجهول لا يأخذ بعين الاعتبار سوى الأعداد بين ٥ و١٠. انظر:
M. Cantor, «Über einen Codex des Klosters Salem,» *Zeitschrift für Mathematik und Physik,* Bd. 10 (1865), p. 5.

والطريقة نفسها تظهر أيضاً في أقدم «algorisme» بالفرنسية، من القرن الثالث عشر للميلاد. انظر:
E. G. R. Waters, «A Thirteenth Century Algorism in French Verse,» *Isis,* vol. 11, no. 35 (January 1928), pp. 45-84.

(٣٤) انظر: Cantor, Ibid., p. 5, and Maximilian Curtze, *Petri Philomeni de Dacia in Algorismum Vulgarem Johannis de Sacrobosco Commentarius una cum Algorismo ipso.* (Copenhague: [n.pb.], 1897), p. 8.

(٣٥) لتحديد الوحدة، انظر: Euclide, *Les Eléments,* traduit par F. Peyrard (Paris: [s.n.], 1819), VII, définition 1. =

واضحة الاختلاف تستعمل أحياناً مصطلحات خاصة[٣٦].

ويظهر بوضوح تأثير المصادر اللاتينية التقليدية مثل بويس في الفصل الأول من الكتاب الرابع من *LY* المكرس للهندسة. أما الفصول التالية فتشكل هندسة موجزة وتطبيقية تتوافق بعدد من عناصرها مع تلك الموجودة في الكتاب الثاني من مؤلَّف الهندسة المنسوب لبويس (زعماً)[٣٧]. ولكن بعض الأجزاء تبدو غريبة عن هذا التقليد[٣٨]. ولقد اعتقد ناشر النص، بعد تفحصه لعدة تقاليد إقليدسية من القرن الثاني عشر[٣٩]، أن بإمكانه الجزم أن نصوص الـ *LY* لا تطابق، لا تعبيراً ولا أسلوباً، أياً من هذه التقاليد؛ وأنها على الأخص لا تطابق الصيغ المنسوبة لأدلار دو باث[٤٠]؛ ومع ذلك فإننا نجد عبارة خاصة بالتحديد الأول من كتاب **الأصول** الثالث تدل من دون شك، كما اعتقد هرمان الكورنثي (Hermann de Carinthie) على أن مؤلف الـ *LY* كان على معرفة بنص لإقليدس انتقل بواسطة العرب[٤١]. وتتطابق عدة مقولات من الصيغة الثانية (المزادة) من الـ *LY* مع مقولات من الصيغة الثانية للترجمة العربية لإقليدس؛ وهذه الأخيرة هي المتعارف اليوم على نسبها لأدلار دو باث[٤٢]. وهكذا يمكننا اعتبار التأثير العربي واضحاً في القسم الهندسي من الـ *LY*، ولو أن النص نفسه مرتبط غالباً بالمصادر اللاتينية التقليدية وأن بعض التعابير غريبة عن كل التعابير التي

= ولتحديد العدد، انظر: Euclid, Ibid., VII, définition 2 et Inst. Arithm. I, 3.

انظر أيضاً: Allard, Ibid., pp. 25-26..

(٣٦) انظر، مثلاً، بداية الفصل عن القسمة في: Allard, Ibid., pp. 34-35

(٣٧) انظر: Menso Folkerts, «*Bœthius» Geometrie II; Ein Mathematisches Lehrbuch des Mittelalters,* Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 9 (Wiesbaden: F. Steiner, 1970), pp. 144-171.

المقصود نص مجهول الكاتب يستعمل مصادر عديدة كُتب في اللورين (Lotharingie) في النصف الأول من القرن الحادي عشر للميلاد.

(٣٨) Euclide, Ibid., I, axiome 5, propositions I, 9; III, 1, 3, 20, 25, 35, 36; IV, 15, et VI, 2, 4,9.

(٣٩) فضلاً عن بويس (Boèce) الأولى والثانية، والترجمات العربية التي قام بها أدلار دو باث (Adélard de Bath) وهرمان الكورنثي (Hermann de Carinthie)، وترجمة للنص الإغريقي مجهولة الكاتب، ونسخة مستوحاة من بويس وأدلار. انظر: Dickey, «Adelard of Bath: An Examination Based on Heretofore Unexamined Manuscripts,» p. 87.

(٤٠) المصدر نفسه، ص ٨٨ ـ ٩١.

(٤١) المصدر نفسه، ص ٩٢، حيث يعبِّر عن شعاعات الدائرة على أنها «que a centris»، كما في اليوناني، وليس على أنها «radii» كما في النصوص اللاتينية حيث يغيب التأثير العربي.

(٤٢) **الأصول**، المقالة الثالثة، ٢٠، ٢٥، ٣٦ (٣٥ في نسخة أدلار) والمقالة السادسة، ٤ تتشابه تماماً. انظر: Menso Folkerts, «Adelard's Versions of Euclid's Elements,» in: C. Burnett, ed., *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century,* Warburg Institute, Surveys and Tests; XIV (London: [n. pb.], 1987), pp. 55-88.

تعادلها والمعروفة في القرن الثاني عشر؛ علاوة على ذلك، هناك علاقة مميزة تربط الصيغة الثانية من الـ *LY* والصيغة الأدلارية لإقليدس.

ولقد أتاح لنا الكتاب الخامس من الـ *LY* الذي يعالجُ شؤوناً فلكية، على ضوء معرفتنا الحالية بأعمال أدلار دو باث وبيار ألفونس، رؤية أكثر وضوحاً للمساهمة التي قام بها هذان المؤلفان في إعداد الـ *LY*. ولقد أظهر ناشر كتاب *De opere astrolapsus* أن مؤلف أدلار يظهر تأثيراً عربياً اقتصر على زيج الخوارزمي وعلى مسلمة المجريطي(٤٣). من جهة أخرى، يكشف الكتابان *Dialogi cum Judaeo* لبيار ألفونس و*De dracone* لتلميذه والشر دو مالڤرن (Walcher de Malverne) من دون أي التباس عن معرفة بجداول الخوارزمي الفلكية(٤٤). ويدل محتوى الكتاب الخامس من الـ *LY* على استخدام المؤلف لعبارات عديدة صادرة عن العربية، في الفصل الأخير المكرس للحركات السماوية(٤٥). نصادف مثل هذه العبارات في صيغ شارتر وأوكسفورد (Chartres & Oxford) من زيج الخوارزمي، وهي صيغ منسوبة لأدلار دو باث(٤٦). ونصادفها كذلك في المخطوطة *Corpus Christi College 283* لبيار ألفونس، باستثناء كلمة «buht» الموجودة في الصيغ الأدلارية وحدها وفي صيغة مدريد وهذا حسب مراجعة قام بها روبير دو شستر (Robert de Chester). وهكذا يكون مؤلف الـ *LY* على علم بصيغة أكثر كمالاً من صيغة بيار ألفونس. غير أن الصيغة الأخيرة هي بالتأكيد المصدر المباشر للجداول الزمنية الموجودة في الفصل الخامس والتي تدل على تشابه تام معها، عكس ما تدل عليه صيغة أدلار. وهذا التشابه، بالإضافة إلى اهتمام بيار ألفونس بالأبجدية العبرية وبالتقويم اليهودي في الفصلين (٣) و(٤) من *LY*، حمل عدداً من الكتّاب على الاعتقاد بأن *LY* هو من تأليف بيار ألفونس (الملقب «Moses Safardi» وهو يهودي الأصل، من هويسكا، اعتنق المسيحية). ولكن بالمقابل، يمكن لأدلة من الطبيعة نفسها أن تلعب لمصلحة أدلار دو باث: نذكر في هذا المجال التشابهات في الهندسة والتي أوردناها فيما تقدم، كما نذكر كذلك احتساب قطر الأرض في الفصل السادس في الـ *LY* من زيج الخوارزمي(٤٧). فهذا الاحتساب موجود في نسختي شارتر وأوكسفورد العائدتين لأدلار،

---

(٤٣) Dickey, Ibid., p. 94.

(٤٤) الدراسة الأحدث عن هذا السؤال هي دراسة: J. H. L. Reuter, «Petrus Alfonsi: An Examination of His Works, Their Scientific Content and Their Background,» (Unpublished Thesis, Oxford, St. Hilda's College, 1975).

(٤٥) على التوالي: elwazat، tadil، albuht، buht، elaug، emulkaam (٢).

(٤٦) تحتوي مخطوطتا شارتر .Bib. Publ، ٢١٤ وأوكسفورد، مكتبة بودلين، Auct. F. I. 9 على النسخة كاملة وهذه النسخة محتواة جزئياً في مخطوطتي مدريد .Bib. Nac، ١٠٠١٦ وباريس، Bib. Naz، ٣٦٤ .

(٤٧) انظر: Heinrich Suter, «Die Astronomischen Tafeln des Muḥammad Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Aḥmed al-Majrīṭī und der Lateinischen Übersetzung des Athelard von Bath,» *Danske Videnskabernes Selskab. Skr., 7 Raekke, Hist. og* =

ولكنه غائب عند بيار ألفونس. وعلى عكس ذلك، نرى أن المصطلحات الفلكية في الـ *LY* تختلف بشكل ملموس عن تلك التي استعملها أدلار دو باث في مؤلفه *De opere astrolapsus*. وهكذا، فأدلار، وفيما يتعلق بـ *l'écentricus* أو بـ *l'épiciclus* في الـ *LY*، لم يشر إلا إلى وظيفتيهما[٤٨]. وما من شيء يسمح بالاعتقاد أن أدلار دو باث كان على علم بنظرية «الإقبال والإدبار» (Trépidation)[٤٩] التي أعلن عنها الفلكي العربي ثابت بن قرة والتي توجد بوضوح في الـ *LY*، في الوقت الذي يبدو فيه جلياً، وحسب دليل والشر دو مالڤرن القاطع، أن بيار ألفونس قد استوعب تلك النظرية. بالمقابل، نجد عدم انسجام بين نظام الكرات العشر في علم الكون عند بيار ألفونس والنظام عينه في الـ *LY*، بينما يشبه هذا الأخير إلى حد ما نظام أدلار[٥٠]؛ ومسلمة المجريطي، الذي اطلع أدلار على مؤلفه بشكل جيد، هو بالتأكيد الـ «Almérith» المذكور في الفصل السادس من الـ *LY*. ويبدو غير مجدٍ تفصيل أكثر لمقارنات من هذه الطبيعة: فجميع المقارنات التي حاولنا، وكذلك جميع المقارنات التي قام بها ناشر *De opere astrolapsus*، تدل على أن عناصر لا يستهان بها تسمح بمقارنة محتوى الـ *LY*، وخاصة محتوى الجزء الفلكي، بالأعمال المعروفة تارةً لمؤلف وطوراً للمؤلف الآخر. وعلى الأرجح، يمثل نص **الزيج** للخوارزمي الموجود في مخطوطة أوكسفورد التقليد الأقرب لتقليد أدلار؛ ولقد لعب هرمان الكورنثي (Hermann de Carinthie) دوراً في صيغة شارتر، ومثله فعل روبير دو شستر في صيغة مدريد؛ من جهة أخرى، يعود **الزيج** المقتبس الموجود في الـ *Corpus Christi College 283* المنسوب لبيار ألفونس، إلى أعمال أدلار[٥١]. لذلك علينا أن نمتنع اليوم عن اعتبار أدلار دو باث مؤلفاً لـ*LY*. وكذلك أيضاً فيما يتعلق ببيار ألفونس. تدعو إلى هذا الامتناع، بشكل قاطع، عدة عناصر مهمة موجودة في كل كتب الـ *LY*. وتدل مختلف أقسام الـ *LY*، وخاصة الأقسام المكرسة للهندسة والفلك، على أن الأمر يتعلق بتركيبة هجينة، حيث تلتقي تأثيراتُ عدة تقاليد واضحة الاختلاف. وفضلاً عن ذلك، لا يوجد ما يدفع إلى الاعتقاد بوجوب حفظ

=

Filos. Afd. (Copenhagen), Bd. 3, no. 1 (1914),

القيمة المعطاة لخط دائرة الأرض وقيمة π تساوي ٢٢/٧ تعطيان النتيجة ٧٦٣٦ المثبتة في *LY*.

(٤٨) على الشكل التالي: «Et primus quidem circulus, uerbi gratia ad Saturnum, ille dicitur quem Saturnus spatio triginta annorum contra applanon metitur».

انظر: Dickey, «Adelard of Bath: An Examination Based on Heretofore Unexamined Manuscripts,» p. 159.

(٤٩) تقدم للشمس ٨ درجات خلال ٩٠٠ سنة في منطقة البروج وتأخر مساوٍ في الـ ٩٠٠ سنة التالية.

(٥٠) ثلاث دوائر موجودة فوق زحل لدى بيار ألفونس مقابل اثنين لدى أدلار وفي *LY*.

(٥١) هذه بعض النتائج الهامة الناجمة عن الدراسة الوافية التي قام بها ب. ديكاي (B. G. Dickey) ويوجد نظام كثير الوضوح عن مسألة الجداول الفلكية في القرن الثاني عشر للميلاد يعود إلى ر. مرسييه (R. Mercier).

تاريخ العام ١١٤٣م، والذي لا يظهر سوى في النسخة المختصرة من القسم الحسابي في مخطوطة فيينا، للمجموعة الرباعية من الـ *LY*.

استناداً إلى ما تقدم، فإن الشهادة الوحيدة التي يمكننا التمسك بها بشكل قاطع هي تلك التي تقدمها الصيغة الثانية من الـ *LY*، المتصلة أكثر من غيرها اتصالاً وثيقاً (وهذا مؤكد) بترجمات أدلار دو باث لإقليدس العربي[٥٢]. وهذه الصيغة التي تحوي إضافات واسعة تنسب تأليف الـ *LY* في المخطوطة الوحيدة ١٦٢٠٨ من باريس إلى «المعلم A» (a Magistro A compositus). فهل علينا بالضرورة الاعتقاد أن مؤلف النص اللاتيني المحفوظ هو «المعلم A»؟ لا شيء يؤكد ذلك. ألم يدعُ والشر دو مالقرن، في مؤلفه *De dracone*، أستاذه بيار ألفونس بـ «compositor libri» وهو المذكور بالاسم على الطريقة العربية في مقدمته (Dixit Petrus Alphunsus...)؟ وكذلك يدعو عنوانُ شروحات الفصل الإقليدسي من الصيغة (*III*) لأدلار دو باث، المؤلف بـ «ab Euclide in arabico composita et ab Adhelardo Bathoniensi in latinum transumpta» (كُتب بالعربية انطلاقاً من إقليدس وترجمه إلى اللاتينية لأدلار دو باث)[٥٣]. ويبدو مناسباً، وقبل الإدلاء بفرضية ما عن هوية مؤلّف الـ *LY* وعن أصل النصوص الحسابية اللاتينية، أن نتفحص سلسلة ثالثة من النصوص.

فمنذ الطبعة التي أصدرها بونكومبانيي (Boncompagni)، انطلاقاً من المخطوطة ٧٣٥٩ الوحيدة، من باريس، عن *Liber Alghoarismi de pratica arismetrice*[٥٤]، *qui éditus a magistro Iohanne Yspalensi (LA)* ونحن ننسب إلى يوحنا الإشبيلي (Iohannes Hispalensis, Iohannes Limiensis) كتابة رسالة لاتينية منبثقة من علم حساب الخوارزمي (ويوحنا الإشبيلي هذا هو المترجم ذائع الصيت لعدد من المؤلفين العرب في علم الفلك كالفرغاني وأبي معشر، والطبري، وثابت بن قرة وكثيرين غيرهم). ويتركز نشاط المؤلّف، على الأقل جزئياً، في طليطلة ما بين العامين ١١٣٣ و١١٤٢م. ويجدر التوقف عند نسبة الرسالة الحسابية هذه إلى يوحنا الإشبيلي. فإن مخطوطة باريس التي نقلها بونكومبانيي هي الوحيدة (من بين عشر مخطوطات معروفة اليوم) التي تحمل في عنوانها إشارة إلى «magister Iohannes Yspalensis» (المعلم يوحنا الإسباني). وهذه المخطوطة المؤرخة في بداية القرن

(٥٢) أي للترجمة العربية لإقليدس. (المترجم).

(٥٣) انظر: Marshall Clagett, «The Medieval Latin Translations from the Arabic of the *Elements* of Euclid, with Special Emphasis of the Versions of Adelard of Bath,» *Isis*, vol. 44, nos. 135-136 (June 1953), p. 36.

(٥٤) Boncompagni-Ludovisi, *Iohannis Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice*, pp. 25-93.

الرابع عشر للميلاد، ليست، وكما يكشف تاريخ النص، سوى شاهد متأخر وبالغ الضعف. وفي الحالات عينها، لم يتردد ناقل مخطوطة سلمنكا (Salamanque)، وهو أيضاً من القرن الرابع عشر للميلاد، عن إكمال الـ «Magister Iohannes» والمقروء في نموذجه، بعنوانٍ ثانٍ: *Hec est arismetica Iohannis de Sacrobosco* وإذا كان حقاً يوحنا الإشبيلي أحد أكثر المترجمين شهرة في القرن الثاني عشر للميلاد، فجان دو ساكروبوسكو (Jean de Sacrobosco) هو من دون منازع مؤلِّف لـ *Algorismus Vulgaris* والذي عرف منذ القرن الثالث عشر للميلاد نجاحاً باهراً لا يُقارن به سوى نجاح *Carmen de algorismo* لألكسندر دو ڤيل ديو (Alexandre de Ville dieu). ولكن ينبغي علينا الحذر الشديد عند اعتماد إحدى النسب لمخطوطتي باريس وسلمنكا. وعلى عكس ذلك، وبفضل مخطوطة باريس ١٥٤٦١، من بداية القرن الثالث عشر للميلاد، نستطيع التأكيد أن الـ *LA* أُلف في طليطلة (Tolède) حوالى العام ١١٤٣م: فالمخطوطة التي كانت بحوزة هاوي المجموعات الشهير في القرن الثالث عشر للميلاد ريشار دو فورنيڤال (Richard de Fournival) ومن ثم بحوزة جيرار دابڤيل (Gérard d'Abbeville)، قد نُقلت في إيطاليا ولكنها تحتوي على تقويم طليطلي من العام ١١٤٣ حتى العام ١١٥٩م[٥٥]. إذاً علينا التمسك بشخصية «Magister Iohannes» (المعلم يوحنا) كما أتت على ذكره جميع مخطوطات الـ *LA* باستثناء المخطوطة ٧٣٥٩ من باريس. فالأسلوب والتصويب الممتاز للغة اللاتينية في الـ *LA* لا يتطابقان جيداً مع لغة يوحنا الاشبيلي القليلة الفصاحة والذي كانت ثقافته الأدبية محدودة جداً[٥٦]. ويحتوي نص آخر يحمل عنوان *introductorius liber qui et pulueris dicitur in mathematicam disciplinam (LP)* على مقاطع تعود فعلاً إلى *LA*، ولكنه يحتوي أيضاً على عدة أقسام أصلية. واليوم يظهر أن *LP*، والذي اعتُبر منذ اكتشافه تنقيحاً للـ *LA*[٥٧]، يشكل صيغة أكثر إيجازاً وعلى الأرجح أكثر قدماً، مستوحاة من المصدر اللاتيني عينه. ويظهر الفرق بين هاتين الصيغتين عند مقارنة الطرق العملية المتبعة في كل منهما. فكما في الـ *DA*، يتم جمع الأرقام في الـ *LP* بدءاً من اليسار (فحسب) بينما تتم العملية في الـ *LY* والـ *LA* بدءاً من اليمين. وصحيح أن

(٥٥) هذه الإشارة القيمة عائدة لأبحاث م. ت. دالفرني (M. T. d'Alverny) عن ترجمات جيرار دو كريمون. انظر: Marie-Thérèse d'Alverny, «Translations and Translators,» in: Robert L. Benson and Giles Constable, eds., *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century* (Oxford: Clarendon Press, 1982), pp. 458-459.

(٥٦) انظر: على سبيل المثال، مقدمة الـ *De regimine sanitatis*.

(٥٧) هذا أيضاً كان، بعد Eneström، موقفُنا عند نشرتنا المؤقتة من العام ١٩٧٥. انظر: Allard, «Les Plus anciennes versions latines du XII^{e} siècle issues de l'arithmétique d'al-Khwārizmī». حققنا طبعة كاملة محققة ومعلقاً عليها عن *LA* و*LP* حيث وُضع النصان بالتوازي. انظر: Allard, *Muhammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XII^{e} siècle*, pp. 62-224.

الـ LA يعرف أيضاً الطريقة الأولى، ولكنه يعتبرها أقل ملاءمة[٥٨]. ويأتي الـ LA مرة واحدة على ذكر الخوارزمي وذلك عند ضرب العددين $\frac{1}{2}$٣ و $\frac{3}{11}$٨ (وهو مثل معروض أيضاً في الـ DA و LY)، ولكننا لا نجد أثراً لذكر المؤلف العربي في LP[٥٩]. وهكذا نجد أمثلة عديدة تدل على أن النصوص اللاتينية من الـ DA إلى الـ LA مروراً بالـ LY و الـ LPتطول وتزداد تفصيلاً أكثر فأكثر، بحيث إن ذكر مصدرها، وهو من دون شك مصدر مشترك، يضمحل شيئاً فشيئاً. ويمكن القيام بتقاربات أخرى بين النصوص. فلقد سبق وأشرنا إلى احتواء النسخة الثانية من الـLY على صيغة عن ضرب الوحدات فيما بينها يبدو أنها تتعلق بالحساب الإصبعي التقليدي أكثر مما تتعلق بالحساب الهندي الموروث عن العرب.

إذا كان: $a < 10$ و $b < 10$ يكون: $ab = 10b - b(10 - a) = 10a - a(10 - b)$

ونجد هذه الصيغة نفسها ولكن بتعابير مختلفة، في تتمة للـ LA، تتناول الحساب التقليدي والحساب والجبر[٦٠]. وبات الآن من المفيد ذكر الوقائع التالية:

- الصيغة الثانية من الـ LY هي صيغة مُزادة تستعين بعلم الحساب اللاتيني التقليدي الغريب عن الحساب الهندي الموروث عن العرب وعن النسخة الأدلارية عن إقليدس كما قدمه العرب. ويدعى هذا النص، في هذه الصيغة وحدها وفي نسخة واحدة منها: «a Magistro A compositus» (أي من تأليف المعلم A) ولكن لا يمكن لمؤلف المجموعة الرباعية المكونة من الـ LY أن يكون أدلار دو باث أو بيار ألفونس؛ غير أنه بالإمكان القيام بعدة تقريبات مع أعمال هذين المؤلفين في الفصول التي تتطرق إلى الهندسة وعلم الفلك؛

- تُظهرُ الصيغتان الأولى والثانية من الـ LY اهتماماً أكيداً بالعالم اليهودي وحتى باللغة العبرية؛

- وحدها الكتب الحسابية من الـ LY يمكن اعتبارها بطريقة أكيدة، بفضل الصيغة المختصرة المشابهة للصيغة (I)، قد كُتبت في الأعوام التي تلت العام ١١٤٣م؛

- تميز المخطوطة ١٨٩٢٧ من ميونيخ (LY، الصيغة الثالثة) وبوضوح بين أشكال أرقام تدعى «Toletane figure» (الأشكال الهندية) وأشكال أرقام أخرى أقرب للأرقام العربية وتدعى «Indice figure»[٦١] (الأرقام الهندية)؛

---

(٥٨) انظر: Allard, *Muḥammad Ibn Mūsā al-Khwarizmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XIIe siècle*, p. 87.

(٥٩) المصدر نفسه، ص ١٦٣.

(٦٠) تحت عنوان *De multiplicatione digitorum interse*. انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Iohannis Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice*, p. 97.

انظر أيضاً بهذا الخصوص، الفصل الحادي عشر: «الجبر،» من هذه الموسوعة.

(٦١) حول الأرقام انظر الفصل العاشر من هذا الجزء من الموسوعة.

ـ اتخذت المخطوطة ١٥٤٦١ من باريس والمحتوية على الـ *LA* كنموذج لها مخطوطةً كُتبت في طليطلة ما بين العامين ١١٤٣ و ١١٥٩م، وهذه الأخيرة مفقودة اليوم؛

إن مؤلف *LA* هو «Magister Iohannes» (المعلم يوحنا) وإن اعتباره المتعارف عليه «يوحنا الإشبيلي» اعتبار متسرع ومشكوك في صحته كما هو الحال مع جان دو ساكروبوسكو؛

ـ وجود بعض العناصر الغريبة من الحساب الهندي بشكل مشترك بين الـ *LY* والجزء الثاني من الـ *LA*.

فلنستبعد أولاً افتراض وجود «مدرسة» للمترجمين في طليطلة أيام الأسقف ريمون (Reymond) (١١٢٥ ـ ١١٥٢م)[٦٢]. ولكن الوقائع النادرة التي تنسب بعض المخطوطات إلى هذا المؤلف أو ذاك تحثُ على توجيه الأبحاث نحو الأوساط الطليطلية ذات الارتباط بالثقافة العبرية، حيث، وعلى الأقل حسب بعض الصيغ اللاتينية، لعب دوراً كلٍ من المعلم A (Magister A) والمعلم يوحنا (Magister Iohannes). وبعد استبعاد كون المؤلفين المطلوبين، من المترجمين المعروفين أمثال أدلار دو باث وبيار ألفونس ويوحنا الإشبيلي، المؤلفين المطلوبين، فكيف لا يسعنا أن نفكر بمؤلفين آخرين[٦٣]، وخاصة بأفندوث (Avendauth) وبمساعده المعروف بالضبط باسم «Magister Iohannes» والذي من المحتمل أن يكون عضواً في مجمع طليطلة، قد ساهم بالترجمة اللاتينية للغزالي وللمفكر اليهودي ابن غابيرول؟ ولم تتأكد بعد بشكل قاطع هوية أفندوث، الذي يرد ذكره في بعض المخطوطات اللاتينية على أنه «فيلسوف يهودي»[٦٤]، ولكن إقامته في طليطلة من الأمور الثابتة. وحسب الفرضية الأكثر إقناعاً، يبدو أنه الفيلسوف اليهودي أبراهام بن داود الذي عاش في طليطلة حوالى الفترة ١١٤٠ ـ ١١٨٠م[٦٥]. تصف المقدمة الـ *LY*، والغريبة تماماً عن الحساب الهندي الموروث عن العرب، ستة أنواع من الحركات غير الدائرية بطريقة تشبه تلك التي نجدها في **تفسير الشرائع المقدسة** *(Commentaire des Saintes Lois)* للفيلسوف اليهودي المعاصر للمسيح، فيلون الإسكندري. ونجد في هذه المقدمة نفسها تجزئة فريدة للساعة مخالفة لكل التقليد اللاتيني منذ مارتيانوس كابللا على الأقل، هذا التقليد الذي كان يعتبر أن

---

(٦٢) هذه الفرضية تعود، فحسب، لخلط مغلوط بين المدعو يوحنا أفندوث (Iohannes Avendauth) ويوحنا الاشبيلي (Iohannes Hispalensis). والشكوك التي أبداها بهذا الشأن هاسكنز أُثبتت كلياً في: Alverny, «Translations and Translators,» pp. 444-445.

(٦٣) وسنلاحظ أن أحداً من المؤلفين المذكورين لم يبدِ في مؤلَّف معروف اهتماماً يُذكر بالثقافة العبرية، وتشكل الـ *Dialogi cum Judaeo* لبيار ألفونس دحضاً متعمداً لليهودية.

(٦٤) انظر: Marie-Thérèse d'Alverny, «Notes sur les traductions médiévales d'Avicenne,» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge,* vol. 19 (1952), pp. 339-358.

(٦٥) انظر: Marie-Thérèse d'Alverny, «Avendauth?,» in: *Homenaje a Millás-Vallicrosa,* 2 vols. (Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1954-1956), vol. 1, pp. 19-43.

الزمن مؤلّف من عناصر غير قابلة للتقسيم. وتظهر هذه التجزئة كمحاولة لإقامة قياس مشترك بين سنة يوليوس والشهر القمري في نظام تقويم قمري - شمسي هو بالتأكيد نظام التقويم اليهودي(٦٦). ونجد ثانية، نسبة مخطوطات *LY* لـ «المعلم يوحنا» في المخطوطة اللاتينية ٢١٨٦ من مكتبة الفاتيكان التي تحتوي على ترجمة الغزالي(٦٧). فلنتخلَّ، إذاً، عن اعتبار «المعلم يوحنا» هذا، هو يوحنا الإشبيلي، مترجم أعمال فلكية معروف، أو على أنه جان داڤيد (Jean David) الذي أهدى إليه أفلاطون التيڤولي (Platon de Tivoli) ترجمته اللاتينية لكتاب مسلمة المجريطي **الأسطرلاب**(٦٨). كذلك لا يمكن اعتباره أڤندوث المذكور في بعض نسخ ترجمات ابن سينا. ولقد سبق وذكرنا تطابق القسم الثاني من *LA* (تأليف المعلم يوحنا) في بعض نقاطه مع الصيغة الثانية *II* من *LY* (تأليف المعلم A). لذلك يبدو من الطبيعي افتراض أن أحد هذين المصدرين هو من وضع أڤندوث الذي هو الفيلسوف اليهودي أبراهام بن داود الذي عاش في طليطلة بين العامين ١١٤٠ و ١١٨٠م(٦٩)، (ولكن هذا الافتراض يبقى موضع نقاش). وكان لأڤندوث مساعدان: الشماس دومينغو غونديزالڤو (Domingo Gondisalvo) (Gundissalinus) و«المعلم يوحنا»، وهو يوحنا الطليطلي الذي كان على الأرجح عضواً في المجمع الكاتدرائي في طليطلة. ولتأكيد هذه الفرضية، ينقصنا التأكد من وجود معلم يدعى «المعلم جان» في أرشيف المجامع في طليطلة

---

(٦٦) إثنا عشر شهراً قمرياً في السنوات العادية وثلاثة عشر شهراً قمرياً في السنوات المزادة. انظر:
Paul Tannery, «Sur la division du temps en instants au moyen âge,» *Bibliotheca Mathematica,* vol. 3, no. 4 (1905), réimprimé dans: *Mémoires scientifiques,* vol. 5, pp. 346-347.
ونعتقد أننا يجب أن لا نرى من خلال مثل هذه العناصر، أثراً لاتينياً على التقويم اليهودي، باقياً من عمل الخوارزمي، انظر: Edward Stewart. Kennedy, «Al-Khwārizmī on the Jewish Calendar,» *Scripta Mathematica,* vol. 27, no. 1 (June 1964), pp. 55-59, reprinted in: Edward Stewart Kennedy [et al], *Studies in the Islamic Exact Sciences* (Beirut: American University of Beirut, ˁ1983).

(٦٧) «Liber Algazelis de summe theorice philosophie translatus a Magistro Iohanne et D. archidiacono in Toleto de arabico in latinum».
انظر: Alverny, *«Avendauth?,»* p. 40, et. C. Sánchez-Albornoz, «Observaciones a unas paginas de Lemay sobre los traductores Toledanos,» *Cuadernos de Historia de Espana,* vols. 41-42 (1965), p. 323, note (49).

(٦٨) قام ر. لوماي (R. Lemay) بتفصيل وبرهان هذه النظرية مطولاً. انظر: Richard Lemay, «Dans l'Espagne du XIIᵉ siècle: Les Traductions de l'arabe au latin,» *Annales, économies, sociétés, civilisations,* vol. 18, no. 4 (juillet-août 1963), pp. 647-654.
عدة فرضيات جريئة عُرضت في هذا المقال، كتلك التي تجعل من يوحنا الإشبيلي (Jean de Séville) قريباً أو حتى ابناً للكونت سيسناندو دافيديز (Sisnando Davidiz) المعروف بابن داوود. وقد دحض سانشز - البورنو (C. Sánchez-Albornoz) كل هذه النظرية.

(٦٩) انظر: Alverny, Ibid., pp. 19-43.

خلال الحقبة التي تهمنا[٧٠]. ولكننا نستطيع اعتبار أفندوث (إذا كان هو المقصود بالحرف A) «مؤلفاً» للصيغة اللاتينية التي بحوزتنا من الـ *LY* ولكن دون أن نعتبر كامل المجموعة الرباعية من *LY* صادرة عن تعاليمه فقط.

ويضاف عنصر هام إلى العناصر التي ذكرنا والتي تعطي الدليل على التأثير الأكيد للعلوم العبرية ولترجمات زيج الخوارزمي اللاتينية في إعداد الصيغ الأربع من الـ *LY*. يدل هذا العنصر الجديد على أن بعض النصوص اللاتينية (على الأقل) المنبثقة، ولو من بعيد، من حساب الخوارزمي، قد أُعدت في الأوساط التي عرفت جيداً الترجمات اللاتينية لأعمال إقليدس. فإذا تفحصنا مختلف التحديدات عن الوحدة (**الأصول**، *IIV*، (1)) في النصوص المدروسة، وفي الأعمال اللاتينية السابقة، وفي أولى الترجمات اللاتينية لجبر الخوارزمي، وفي الترجمات اللاتينية الأولى لأعمال إقليدس المنقولة إلى العربية، نلاحظ أن التحديد المعطى في النسخة الثانية المضاف إليها من الـ *LY* منقول بدقة عن التحديد الوارد في الصيغة اللاتينية الأولى لإقليدس المنسوبة غالباً لأدلار دو باث، والتي بدون شك لا تعود لهذا المؤلف[٧١]. وتؤكد المقارنة نفسها، فيما يتعلق بتحديد عددٍ ما (**الأصول**، *VII*، (2))، بشكلٍ قاطع، تطابقاً من النوع نفسه[٧٢]، بينما يبدو بوضوح أن التحديدات في الـ *DA* والـ *LA* والـ *LP* صادرة مباشرة عن بويس[٧٣]. وباستطاعتنا، إذاً، التساؤل عن النسخة الإقليدسية التي كانت بتصرف مؤلف النسخة «المزادة» من الـ *LY* والمنسوبة إلى «المعلم A». وتقدم دراسة موجزة لمصطلحات القسم الهندسي في الـ *LY* بعض عناصر الرد على هذا السؤال. وتعيد بعض الكلمات، ككلمة «hebes» (الدالة على الزاوية المنفرجة) الصلة مع التقليد القديم لـ«Agrimensores» الرومانية[٧٤]. وتتميز هذه الكلمات عن تلك المألوفة آنذاك عند بويس كـ «obtusus»، والمعروفة من قبل مترجمي القرن الثاني عشر للميلاد لأعمال إقليدس المنقولة إلى العربية. وفي القسم الهندسي من الـ *LY* لم يرد ذكر لأي من الكلمات العربية العديدة التي ما زالت موجودة في جميع الصيغ اللاتينية من إقليدس في القرن الثاني عشر[٧٥]. ولكن استعمال بعض الكلمات، مثل «oxigonius» التي تدل على الزاوية الحادة،

---

(٧٠) انظر: Juan Francisco Rivera, «Nuevos datos sobre los traductores Gundisalvo y Juan Hispano,» *Al-Andalus*, vol. 31 (Summer 1966), pp. 267-280.

يلحظ المؤلف عدة اتفاقات عُقدت بين العامين ١١٦٢ و١١٧٦م بين مجمع طليطلة (Tolède) وواحد أو عدة أشخاص يحملون اسم «Magister Iohannes» (أي المعلم يوحنا).

(٧١) Unitas est qua dicitur omnis res una. في كتاب *De unitate et uno* لدومينغو غونديزالڤو (Domingo Gondisalvo)، التحديد شبه مطابق: Unitas est qua unaquaeque res dicitur esse una.

(٧٢) Numerus est multitudo ex unitatibus composita.

(٧٣) Numerus est unitatum collectio.

(٧٤) تظهر الكلمة، مثلاً، في الـ *Liber gromaticus* لفرونتان (Frontin)، (القرن الأول ب.م.).

(٧٥) تظهر لائحة بهذه الكلمات العديدة في: H. L. L. Busard, *The First Latin Translation of* =

ولو كانت دليلاً آخر على وجود كلمات الـ «Agrimensores»، يدل على أن مؤلف الـ *LY*، وإن كان على علم بإحدى ترجمات إقليدس الصادرة بالعربية، فلا تستند هذه المعرفة سوى على الصيغة الثانيَة، التي تبدو فعلاً صيغة أدلار دو باث، أو على الصيغ المنسوبة لهرمان الكورنثي، و«الجيرار دو كريمون (Gérard de Crémone)، فالصيغة الأولى التي لا يمكن تحديد مؤلفها لم تعرف للزاوية الحادة سوى عبارة «acutangulus»[٧٦]. زد على ذلك أن أجزاء عديدة من النص الهندسي في الصيغة الثانية «المزادة» من الـ *LY* تشبه بدقة الأجزاء الموجودة في الصيغة الثانية العربية لإقليدس. ولم يؤكد بشكلٍ قاطع أن دومينغو غونديزالڤو (Domingo Gondisalvo)، الذي ذكرنا اسمه بالاشتراك مع اسم أڤندوث، كان على علم بترجمة لاتينية ما لأعمال إقليدس بصيغتها العربية. ولكنه بالتأكيد كان على معرفة بـ *Liber Algorismi* (أي كتاب الخوارزمي) (ولا يمكن لهذا «الكتاب» أن يكون جبر الخوارزمي). فقد كان واضحاً عندما ذكره في فصل متعلق بالحساب من كتابه *De diuisione philosophie*[٧٧]. كان غونديزالڤو، إذاً، على علم بكتاب *Liber Algorismi*، (وهذا الاسم يطابق عنوان الـ *LA*) حيث ترتيب العمليات هو نَفسه الموجود في الـ *DA* والـ *LA*، وحيث مفهوم العدد هو نفسه عند إقليدس في صيغته اللاتينية ولا سيما حيث تقسيم الوحدة إلى «كسور الكسور» يتوافق، كما سنرى، مع الفصل الذي عالجته فقط الصيغة من الـ *LA* العائدة إلى يوحنا الطليطلي وهو أحد شركاء أڤندوث. كما أن تحديده لـ «الوحدة» في كتابه *De unitate et uno*، الذي يعود إلى ابن غابيرول (ابن غبريال) (انظر الهامش ٧١)، قريب جداً من تحديد الصيغة الثانية من الـ *LY* وكذلك من تحديد ترجمات إقليدس. إضافة إلى ذلك، استلهم في كتابه *De diuisione philosophiae* الترجمة اللاتينية للنيريزي التي قام بها حوالى العام ١١٤٠م جيرار دو كريمون[٧٨]. وأخيراً، تستعمل المقدمة المشتركة لنسخات الـ *LY* الثلاث مبادئ الـ *«Constructio»* والـ *«Destructio»* (البناء والهدم) التي حددها أيضاً دومينغو غونديزالڤو في كتابه *De unitate et uno*[٧٩]. فبمعرفتنا لنزعة غونديزالڤو الأكيدة لاستلهام أعمال أسلافه بطريقة غير نزيهة[٨٠] لن نستغرب إذا ما وجدنا في الـ *Liber*

= *Euclid's Elements Commonly Ascribed to Adelard of Bath,* Pont. Institute of Mediaeval Studies, Studies and Texts; LXXIV (Toronto: [n. pb.], 1983), pp. 391-396.

(٧٦) المصدر نفسه، ص ٣٩٨.

(٧٧) انظر: L. Baur, «Dominicus Gundissalinus. *De divisione philosophiæ,» Beiträge zur Geschichte der Philosophie der Mittelalters,* Bd. 4, nos. 2-3 (1903), p. 91.

(٧٨) انظر: C. Kren, «Gundissalimus Dominicus,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 5, p. 592.

(٧٩) كما يلي: «Sed destructio rei non est aliud quam separatio formae a materia» (P. L. LXIII, col. 1075).

(٨٠) انظر: Lemay, «Dans l'Espagne du XII^e siècle: Les Traductions de l'arabe au latin,» pp. 658-659, =

Ysagogarum، (في حال كان غونديزالڤو هو المؤلف) تأثيرات عديدة عربية ويهودية ولاتينية. وتدفعنا عدة دلائل متقاربة على القول إن كتابة الـ *LY* والـ *LA* قد تمت حوالى العام ١١٤٣م في أواسط طليطلة القريبة من أڤندوث.

ولكننا نجد جملة من الصيغة (*III*) من الـ *LY* الموجودة في المخطوطة ١٨٩٢٧ الوحيدة في ميونيخ تشير إلى فرنسا وتختلف بوضوح عما يقابلها في الصيغتين (*I*) و(*II*)[٨١]. فهل علينا أن نرى في الصيغة الثالثة، حيث تختلف كلياً مقاطع وأمثلة عديدة عن تلك التي تقابلها في النسخات السابقة وحيث تتوافر الأرقام الرومانية بشكل خاص، نتيجة منفصلة لسفر بيار الموقّر (Pierre le Vénérable) إلى إسبانيا في العام ١١٤١م في بداية حركة الترجمات في طليطلة زمن الأسقف ريمون؟ لسنا نجرؤ على الإيحاء بهذا الافتراض. ألم يُقدم أدلار دو باث نفسه على ترك المدرسة الفرنسية في مدينة تور (التي قد يكون أوفده إليها أسقف باث وويلز (Wells) المدعو جان دو تور بين عامي ١٠٨٨ و١١٢٢م) لبعض الوقت وعلى الاستقاء في الخارج من المصادر العربية، والعودة ربما إلى مدينة لاون (Laon)، بعد بضع سنوات، لعرض محتوى كتابه *Quaestiones naturales* الذي يكون قد ألفه في منطقة خاضعة للسلطة العربية؟ فالصيغة *III* من الـ *LY* تشكل من دون شك أحد أوائل الشهود في فرنسا عن اهتمام جديد بالعلوم الصحيحة؛ ويعود هذا الاهتمام إلى الخميرة العلمية العربية، في السنوات التي تلت انحطاط مدرسة لاون؛ هذا الانحطاط الذي تزامن مع زيارة بيار أبلار (Pierre Abélard) (١١١٢م) ومع وفاة أنسالم (Anselme) (١١١٧م). إلا أن مخطوطة ميونيخ، التي كانت تخص، في القرن الخامس عشر للميلاد، دير «Tegernsee» الشهير، لم تحتو، باستثناء الكتب الحسابية الثلاثة، سوى على جزء من الكتاب الرابع المكرس للهندسة[٨٢]. ويوجد في هذه المخطوطة نصان عائدان للناسخ نفسه، ومؤلفات فلكية من بينها: نص الترجمة التي قام بها يوحنا الإشبيلي لكتاب ما شاء الله في التنجيم *De Receptionibus*، ولكتاب *Introductorium ad astrologiam* («المدخل إلى علم التنجيم» (المترجم) بتصرف عن اللاتينية) لسهل بن بشر (Zael) الذي يوجد أيضاً في المخطوطة

= ذاكراً ب. هورو (B. Haureau) وبيار دوهيم (Pierre Duhem) وم. ألونسو (M. Alonso) الـ *De immortalitate animae* يستعمل بشكل موسع الـ *De anima* لأڤندوث، والـ *De processione mundi* والـ *De essentiis* لهرمان الكورنثي، والـ *De ortu scientiarum* للفارابي (وَ Hugues de St. Victor)، والـ *De unitate et uno* لابن غابيرول (Ibn Gabirol).

(٨١) *LY* (النسختان الأولى والثانية): ...oportet nos ab ipsius artis elementis principium sumentes ad tempora et motus coequeua quidem gradatime ascendere.

LY (النسخة الثالثة): ...oportet Gallos ad ipsius artis elementa in duobus existenciae motibus scilicet et temporibus coequeua quidem gradatim ascendere.

(٨٢) انظر: Dickey, «Adelard of Bath: An Examination Based on Heretofore Unexamined Manuscripts,» p. 303.

١٣٢٠١ (الصيغة *I*). وإلى جانب عمل ابن بشر نجد في مخطوطة ميونيخ ترجمةً لاتينية لِـ **جداول طليطلة** الفلكية للزرقالي التي قام بها جيرار دو كريمون، وترجمة مجهولة (الكاتب) لإقليدس وُضعت في لوثارنجيا في القرن الحادي عشر للميلاد[٨٣]. فهذه العناصر، بالإضافة إلى تأكدنا من أن المخطوطة المذكورة أخيراً تعود فعلاً إلى النصف الثاني من القرن الثاني عشر للميلاد (وقطعاً إلى ما بين العامين ١١٦٣ و١١٦٨م)[٨٤]، لا تتعارض مع الفرضيات التي أطلقنا. ولكنها في الوقت نفسه لا تسمح بإكمالها. إن النصوص اللاتينية التي بحوزتنا تشكل نتيجة إيجابية تتعارض بوضوح مع توصية المؤلف المسلم الأندلسي ابن عبدون من أواخر القرن الحادي عشر للميلاد «بألا تباع الكتب العلمية لغير المسلمين، لأنهم قد يقومون بترجمة هذه المؤلفات العلمية وبنسبها إلى شعوبهم ورجال الدين عندهم، بينما هي في الحقيقة مؤلفات إسلامية»[٨٥].

ثانياً: الأرقام العربية في المخطوطات اللاتينية لعلم الحساب

إن دراسة محتويات النصوص اللاتينية المذكورة هامة ولا شك. ويضاف إلى هذه الأهمية كون هذه النصوص تشكل أوائل الشهادات عن نشر واستخدام الأرقام العربية في الغرب اللاتيني ابتداءً من القرن الثاني عشر؛ هذا القرن الذي بدأ الغرب فيه يتخلص من الطرق الحسابية التي تقدمها أدوات الـ «Abaque» والـ «Apices»[٨٦] التي تعود إلى جيربير (Gerbert)[٨٧]. ولقد حان الوقت الآن للتخلي عن التمييز بين أرقام عربية شرقية وأخرى يقال لها أرقام «الغبار»[٨٨]، هذا التمييز الذي سُلم به لفترة طويلة. ولقد أضحى مؤكداً

(٨٣) انظر: Folkerts, *«Bœthius» Geometrie II; Ein Mathematisches Lehrbuch des Mittelalters.*

(٨٤) المصدر نفسه، ص ٩ ـ ١٤.

(٨٥) نص مذكور من قبل: Alverny, «Translations and Translators,» p. 440.

وحسب خوان فيرنيه J. Vernet، انظر: Juan Vernet, «La Ciencia en el Islam y Occidente,» in: *Settimane XII: L'Occidente e l'Islam nell' Alto Medioevo* (Spoleto: [n. pb], 1965), p. 568, reprinted in: Juan Vernet, *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval* (Barcelona/Bellaterra: [n. pb.], 1979), pp. 21 - 60.

(٨٦) الـ «Abaque» آلة حسابية بدائية تطورت لتصبح ذات أعمدة تتحرك عليها فِيَش (Apices) أو كرات صغيرة تتمثل بواسطتها الأعداد الصحيحة.

(٨٧) عن هذه الاستعمالات قبل القرن الثاني عشر للميلاد، انظر: Beaujouan, «Etude paléographique sur la «rotation» des chiffres et l'emploi des apices du X^e au XII^e siècle,» pp. 303-313.

(٨٨) يظهر هذا التمييز في عدة دراسات، منها على الأخص في: David Eugene Smith and Louis Charles Karpinski, *The Hindu-Arabic Numerals* (Boston; London: Ginn and Co., 1911), and Solomon Gandz, «The Origin of the Ghubr Numerals, or the Arabian Abacus and the Articuli,» *Isis*, vol. 16, no. 49 (1931), p. 393.

دور طليطلة في إدخال سلسلة الأرقام التسعة مع الصفر إلى أوروبا(٨٩).

وعند تجميع الأرقام التي نصادفها في المخطوطات اللاتينية التي تحتوي على الأعمال المذكورة سابقاً، نحصل على الجدول التالي(٩٠):

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
(a)	D.A.				?		?	?	?	?		
(b)	LIBER YSAGOGARUM											?
(c)												
(d)												
(e)												
(f)												
(g)												
(h)												
(i)												?

(a) Cambridge, Univ. Lib. Ii.6.5. (C)
(b) Wien, Oster. Nationalbib.275 (V)
(c) München, Clm 18927 (O)
(d) München, Clm 13021 (M)
(e) Genova, Bib. Univ. E III 28 (G)
(f) Milano, Ambr. A 3 sup. (A)
(g) Paris, Bib. Nat. lat. 16208 (P)
(h) Oxford, Bod. Lib. Lyell 52 (I)
(i) Admont, Stiftsbib. frg. 4

---

(٨٩) انظر: Gonzalo Menéndez Pidal, «Los Illamados numerales arabes en Occidente,» *Boletín de la Real Academia de la Historia*, vol. 145 (1959), p. 188.

نشرة حديثة عن الأرقام في الوثائق العربية في إسبانيا لا تأخذ بعين الاعتبار الأرقام «الغبارية» الشبيهة بأرقام المخطوطات اللاتينية من القرن الثاني عشر للميلاد، إلا في الوثائق المتأخرة من القرنين الخامس عشر والسادس عشر للميلاد، في إقليمَيْ أراغون (Aragon) وفالانس (Valence). غير أنه من المؤكد أن الأرقام **الهندية** عُرفت منذ القرن الثاني عشر للميلاد، على الأقل من مترجمي الأعمال الذين استوحوا علم الحساب للخوارزمي. انظر: A. Labarta and C. Barceló, *Numeros y cifras en los documentos arábigohispanos* (Cordoba: [n. pb.], 1988).

(٩٠) الأرقام منقولة بما أمكن من الدقة، لكن دون احترام لأبعادها في المخطوطات. ولم تُنقل الأرقام الظاهرة في مخطوطات لا يزال نموذجها بالتأكيد في حوزتنا. تظهر دراسة أكثر تفصيلاً عن تطور كتابات هذه الأرقام، في: André Allard, «L'Epoque d'Adélard de Bath et les chiffres arabes dans les manuscrits latins d'arithmétique,» in: Burnett, ed., *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century*, pp. 37 - 43.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
LIBER PULVERIS (a)										
(b)										
(c)										
(d)										
LIBER ALCHORISMI (e)										
(f)										
(g)										
(h)										
(i)										
(j)										
(k)										
(l)										

(a) Oxford, Bod. Lib. Selden sup. 26 (E)
(c) Oxford, Bod. Lib. Lyell 52 (I)
(e) Paris, Bib. Nat. lat. 7359 (N)
(g) Paris, Bib. Maz. 3642 (M)
(i) Erfurt, Amplon. Qn 355 (A)
(k) Salamanca, Bib. Univ. 2338 (S)

(b) Milano, Ambr. M 28 sup. (B)
(d) Vaticano, Bib. Ap. Reg. lat. 1285 (T)
(f) Paris, Bib. Nat. lat. 15461 (P)
(h) Paris, Bib. Nat. lat. 16202 (U)
(j) Dresden, Sächs. Landesbib. C 80 (D)
(l) Vaticano, Bib. Ap. Pal. lat. 1393 (L)

MONAC. 18927

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

«Toletane figure» جداول طليطلة
«Indice figure»
(Tables astronomiques) الجداول الفلكية

إن تفحص هذه الجداول يعطي أربع وقائع:

- تعود الفوارق بين الأرقام في الـ *DA* و*LY* و*LA* و*LP* إلى تطور في طريقة الكتابة عند النساخ اللاتين مرتبط بالكتابة من اليسار إلى اليمين مهما كان التأثير المحتمل للكتابة القوطية[٩١].

- نجد في الـ *DA*[٩٢] كما نجد بوضوح في الـ *LA* الدليل على أن بعض الأرقام كانت تكتب بأشكال متنوعة (زمن كتابة هذه المؤلفات).

- توجد أشكال أقرب إلى السلسلة العربية التقليدية في المخطوطتين E وL اللتين تحتويان على صيغة هجينة من الـ *LA* والـ *LP*. ولا يمكن النظر إلى هذا الأخير على أنه تنقيح للـ *LA* وإنما على العكس كاستمرار لمصدر مشترك أكثر قدماً. فضلاً عن ذلك، تجلت فيه بوضوح الصعوبات التي تواجه الكتابة في انتقالها من الشمال نحو اليمين؛

- تحدد المخطوطة *O* التي تحتوي على النسخة الثالثة من الـ *LY* بجلاء أشكالاً طليطلية مختلفة عن الأشكال الهندية.

وهكذا نستنتج أن بعض المخطوطات يحتفظ بوضوح بأثر من أشكال أرقام شبيهة بتلك التي اكتشفها الغرب خلال النصف الأول من القرن الثاني عشر في المؤلفات العربية في علم الفلك أو علم الحساب. هذا بالرغم من ابتعاد هذه المخطوطات الأكيد عن نصوص عربية في «الحساب الهندي» وعلى الرغم من مفعول التأثيرات الغريبة عن هذا الحساب كعلم الحساب اللاتيني التقليدي والعلوم العبرية وأولى الترجمات اللاتينية في مواضيع مختلفة عن علم الحساب، في إعداد الصيغ الأربع للـ *LY*. وكانت هذه الأشكال توجد أيضاً دون شك في أول ترجمة لاتينية مفقودة لعلم الحساب عند الخوارزمي، على الرغم من احتواء هذه الترجمة على عناصر غريبة عن العلوم العربية وقبل أن يعطيها تحوير النساخ اللاتين الشكل الملاحظ عامة في المخطوطات المحفوظة. وقد حمل هذا التطور في

---

(٩١) هذه النظرية، التي تقدم عدة وجوه جذابة، قام بتوسيعها لوماي مع رسم، انظر: Lemay, «The Hispanic Origin of Our Present Numeral Forms,» pp. 435-462.

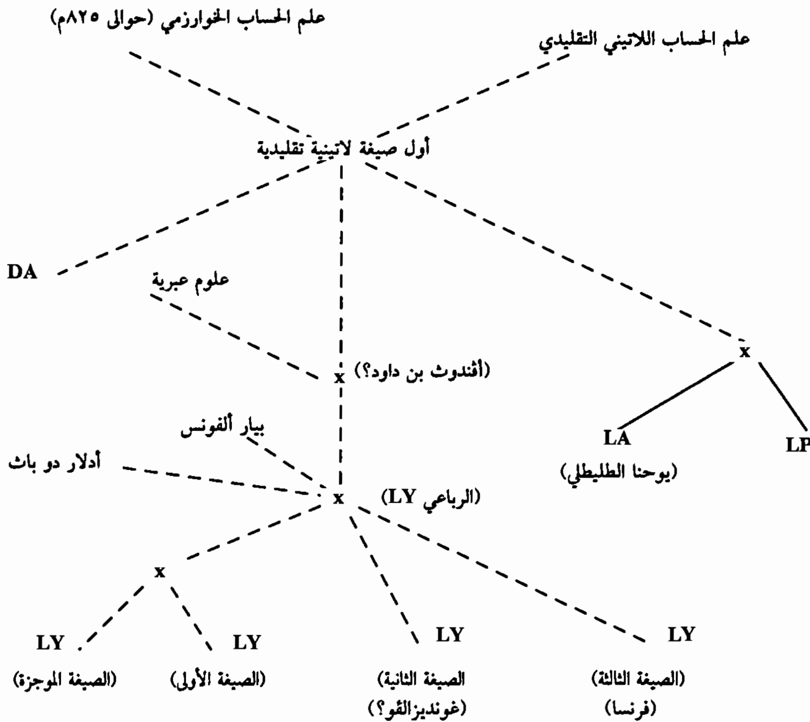
لكن المؤلف، المقتنع نهائياً بدور بيار ألفونس كمؤلف للـ *LY* ويوحنا الاشبيلي (المعروف حسب نفس المؤلف بجان دافيد ويوحنا الطليطلي) كمؤلف للـ *LA*، لم يكترث بالأرقام المميزة للـ *LP*. ويوجد عرض ممتاز عن الأرقام، مذكراً بأشكال أكثر قدماً، في: Guy Beaujouan, «The Transformation of the *Quadrivium,*» in: Benson and Constable, eds., *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century,* pp. 469-470.

(٩٢) الجملة «et he sunt figure in quibus est illa diuersitas» مُتْبَعة مع الأسف بثغرة هامة في المخطوطة الوحيدة من كامبريدج. انظر: Allard, *Muhammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XII^e siècle,* p. 1.

النسخ بعض المؤرخين على الاعتقاد بأن هناك أنواعاً من الأرقام (لم يستطيعوا أن يلاحظوا تقاسمها لشكل مشترك)[٩٣]. وهكذا اختفت سريعاً ذكرى أولى الأشكال الطليطلية إلى درجة عدم الظهور مجدداً سوى عند بعض الشهود الواعين لترجمة الزرقالي ولِ **جداول طليطلة**.

ثالثاً: إرث الخوارزمي وغيره من المؤلفين العرب في علم الحساب الغربي

تدل العناصر التي ذكرنا، وبشكلٍ وافٍ، على أن النصوص اللاتينية من القرن الثاني عشر للميلاد المنتمية إلى إرث الخوارزمي، قد تعرضت لكثير من التطورات والتحولات خلال القرون الثلاثة التي تشكل الفاصل الزمني بينها وبين الأصل العربي المفقود. ويمكن تلخيص الشواهد الأساسية والتأثيرات الظاهرة في هذا التقليد بالجدول التالي، انظر الشكل رقم (١٦ ـ ١):



الشكل رقم (١٦ ـ ١)

(٩٣) وحده الشكل الثاني للصفر المذكور في مخطوطات الـ *LY* يُفلت من هذا التطور ويمكن أن يكون من أصل لاتيني.

وهكذا تكون مسألة مصادر النصوص اللاتينية المذكورة قد طرحت بشكل معقد. وهذه المسألة تزداد تعقيداً إذا خطر لنا أن المراجع العائدة للخوارزمي تصبح نادرة خارج الـ *DA*؛ (ومرة أخرى لا يمكننا أن نعلق أهمية بشكل قاطع على الـ *DA* لأننا نجد في هذا النص الناقص أثراً لعلم حساب لاتيني من تقليد بويس). وليس بالإمكان التأكيد أن الكلمات التالية التي استخدمت في القرن الثاني عشر: «alchorismus» أو «alchoarismus» والموجودة في عنوان المخطوطات الوحيدة للصيغة الثانية من الـ *LY*، أو «alchorismus»، أو «alghoarismus»، أو «algorismus» والموجودة في عنوان الـ *LA*، تدل على المؤلف العربي من القرن التاسع. وكانت هذه الكلمات تعني من دون شك «الحساب الهندي» أي الوسيلة الحسابية العملية المبنية على استعمال الأرقام التسعة والصفر، بعكس الأنظمة التقليدية لـ «abaque» وللحساب الإصبعي. ويجب بالتأكيد الاحتفاظ بالتأويل الثاني للعنوان المعطى لـ *LP* في النسخة الهجينة الموجودة في مخطوطة «Palatin 1393» من مكتبة الفاتيكان (Incipit algorismus). فهناك مقطعان يسمحان بإيضاح هذه المسألة: فبعد عرضه بالتفصيل وبعدة طرق عملية ضرب $\frac{١}{٥}$ $\frac{١}{٤}$ $٨\frac{١}{٢}$ بـ $\frac{١}{٩}$ $٣\frac{١}{٣}$[٩٤] ، قرر مؤلف الـ *LA* ضرب $٨\frac{٣}{١١}$ بـ $٣\frac{١}{٢}$[٩٥] محدداً بوضوح أن هذا المثل هو من عند الخوارزمي. وليس هذا الاستشهاد (وإن كان استشهاداً بالفعل) ذا أمانة مطلقة. إذ إن ما يقابله في الـ *LA* و*LY* وحتى في *LP*، وفي نفس الظروف، هو عملية ضرب $٣\frac{١}{٢}$ بـ $٨\frac{٣}{١١}$[٩٦]. ولكن مقطعاً آخر من الـ *LA* يبدو وكأنه يشير بوضوح إلى أن المؤلّف يعود إلى سلطة غير محددة[٩٧]. من جهة أخرى، وعلى الرغم من الحذر الذي ينبغي أن يرافق قراءة بعض المقاطع من **فهرست** ابن النديم، يدُلنا هذا المرجع على أن عدة مؤلفين كتبوا، بعد الخوارزمي وقبل القرن الثاني عشر، رسائل في الحساب الهندي[٩٨]. وهنا لا بد من إبداء ملاحظة أولية وهي أن الأمثلة الواردة في النصوص اللاتينية، عن العمليات الجارية على الأعداد الصحيحة يختلف تماماً بعضها عن

---

(٩٤) انظر: المصدر نفسه، ص ١٥١ ـ ١٥٥ و١٦٠ ـ ١٦٣.

(٩٥) المصدر نفسه، ص ١٦٣ ـ ١٦٦.

(٩٦) وهذا برهان إضافي، إذا لزم الأمر، على أن الـ *LP* لم تصدر عن الـ *LA* ولكن لهما فقط مصدر مشترك.

(٩٧) Similiter etiam idem est superioribus quod de diuisione docet dicens,

(«ما يعلمه بخصوص القسمة شبيه بما رأينا أعلاه»). انظر: المصدر نفسه، ص ١٦٨.

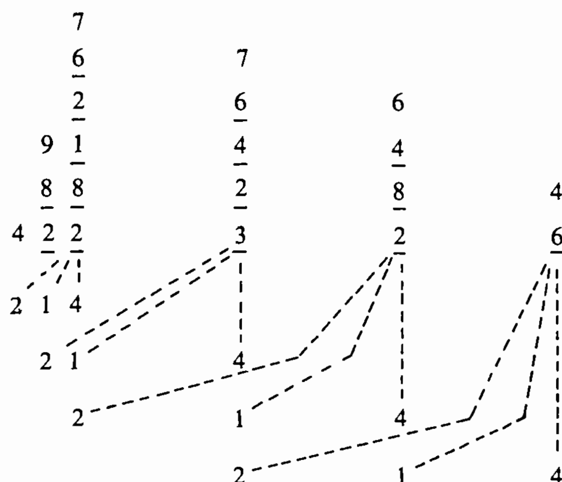
(٩٨) مثل: سند بن علي الصيدناني، وسنان بن الفتح، والكرابيسي، والأنطاكي، والكلوذاني. ويمكننا إضافة غيرهم من المؤلفين ممن نعرف اليوم أعمالهم. انظر: Kūshyār Ibn Labbān, *Principles of Hindu Reckoning*, translated by Martin Levey and Marvin Petruct (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1965),

النص العربي له حققه أحمد سعيدان ونشره في: **مجلة معهد المخطوطات العربية** (القاهرة) (أيار/ مايو ١٩٦٧). انظر أيضاً: Abu al-Hassan Ahmed Ibn Ibrahim al-Uqlīdīsī, *The Arithmetic of al-Uqlīdīsī*, english translation by Ahmad S. Saïdan (Dordrecht, Boston: D. Reidel, 1978),

(توجد لائحة بالمؤلفات المعروفة حالياً، ص ٣ ـ ٥).

بعض؛ نستثني في عدة حالات (ولكن ليس في كل الحالات) الـ *LA* والـ *LP* اللذين لهما مصدر مشترك، كما نستثني عدة أمثلة عن استخراج الجذور التربيعية[٩٩] في فصول تلي تلك المكرسة للكسور.

وبالمقابل، نجد أمثلة عديدة مشتركة، في كل النصوص، عن الكسور الستينية والعادية. ولكننا لا نجد هذه أو تلك من الأمثلة في النصوص العربية في علم الحساب المنشورة اليوم والمختلفة أيضاً فيما بينها. فمن المرجح، إذاً، ألا يكون النص الأصلي للخوارزمي، على الأقل فيما يتعلق بالعمليات الأكثر بساطة، قد احتوى على أمثلة وإنما فقط، ومن دون شك بطريقة مقتضبة، على وصف للأساليب. وعلينا ألا نستبعد أن تكون أول صيغة لاتينية مفقودة قد ضمت للعمليات الأقل استعمالاً (المتعلقة بالكسور وباستخراج الجذور) أمثلة اختيرت كيفما اتفق، نعود ونجدها في النسخات التي تلتها. وهكذا نسير طبيعياً إلى الاستنتاج التالي: يمكن اعتبار الطرق التي وصفها بوضوح وبالطريقة نفسها المؤلفون العرب واللاتين فقط كطرق صادرة (بشكل مباشر أو غير مباشر) عن المؤلف العربي الأول الذي استلهم الطرق الهندية. هذا على الرغم من أن ترتيب عرض الطرق يختلف بشكل ملموس في المؤلفات العربية واللاتينية. ومن بين عمليات أخرى، كانت عملية ضرب الأعداد الصحيحة تتم في البدء فقط بأسلوب يعتمدُ على محو بعض الأرقام، كما يصفها الـ *DA* عند ضرب ٢٣٢٦ بـ ٢١٤؛ ومن الممكن تقديم هذه العملية كما في الشكل (١٦ ـ ٢) التالي[١٠٠]:



الشكل رقم (١٦ ـ ٢)

(٩٩) غير أننا لا نستطيع قول أي شيء عن الـ *DA* في هذا الفصل غير الموجود في مخطوطة كامبريدج.

(١٠٠) انظر: Allard, Ibid., pp. 9 - 10. =

ويمكن أن نستنتج من دراسة النصوص اللاتينية أن المؤلّف العربي الأصلي قد ضم فصلين أحدهما عن الكسور الستينية(١٠١) والآخر عن الكسور العادية. وقد يكون هذان النوعان من الكسور قد اختلطا جزئياً، إذ إننا نجد داخل الفصل المكرس للكسور الستينية، في الـ *DA* و*LY* و*LA* و*LP* معاً، المثل عن ضرب $١\frac{١}{٢}$ بـ $١\frac{١}{٢}$ بواسطة الاختزال إلى الكسور الستينية، والحصول على ′١٥ °٢ وهو ما عُبر عنه فيما بعد بـ $٢\frac{١}{٤}$ في الـ *DA* و*LA* و*LP* وإنما ليس في الـ *LY*. وعلى العكس، نجد في كلُ مؤلف، بمعزل عن المؤلفات الأخرى، خصائص لا يمكن اعتبارها متأتية عن مصدرها البعيد، إذ لا وجود لهذه الخصائص في المجموعة من الشواهد. فهكذا نجد في الـ *LA* نظاماً من الكسور المتتالية مرتكزاً على الجمع، كما في ضرب $\frac{٣}{٥}$ $٨\frac{٢}{٣}$ بـ $\frac{٢}{٤}$ $٣\frac{١}{٣}$(١٠٢)، وذلك بطريقة مشابهة لتقسيم الكسور الستينية إلى دقائق وثوانٍ وثالثات (ثوالث). . . ، ولكنه يعرض أيضاً نظاماً من «كسور الكسور»، كما في ضرب $\frac{٣}{٨}$.$\frac{١}{٧}$.$\frac{١}{١٠}$ بـ ٤(١٠٣). وعلينا أن نرى في طريقة التعبير هذه، الغائبة عن المؤلفات الأخرى وخاصة عن الـ *LP*، والثابت وجودها بشكل واسع طيلة القرون الوسطى والمثبتة كذلك في عدة مؤلفات عربية سبقت من بعيد مؤلفات الـ «algorismes» اللاتينية(١٠٤)، شاهداً لتقليد لا يرغب في رؤية عدد غير الواحد في صورة الكسر. من هنا فقد يقود فحص سريع للغاية لأعمال لاتينية في علم الحساب إلى رفض اعتبار بعض الفصول إرثاً عربياً (وهي فصول غير مثبتة في المؤلفات العربية المعروفة اليوم). كما قد يقود مثل هذا الفحص إلى نسب بعض الطرق الموصوفة بدقة فائقة في النصوص اللاتينية إلى مؤلفين عرب لاحقين للخوارزمي. ونحن نعتبر على العكس أن هذه الفصول تستحق كل اهتمام والحالة الحاضرة للمخطوطة الوحيدة المحتوية على الـ *DA* لا تسمح مع الأسف بدراسة هذه الفصول في هذا المؤلف، لأنها ناقصة. إن قاعدة التقريب للجذر التربيعي الأصم تعطي مثلاً واضحاً عن الشهادة التاريخية التي توفرها النصوص اللاتينية، وتدعى هذه القاعدة عند المؤلفين العرب «قاعدة الأصفار»؛ وهذه القاعدة موصوفة بدقة في كتب الـ *LY* والـ *LA* والـ *LP*. ففيما يتعلق، مثلاً، بالجذر التربيعي للرقم ٢(١٠٥):

= نتقل على التوالي الضارب درجة نحو اليمين؛ يُفترض بالأعداد المخطوط تحتها أن تُمحى لتحل محلها الأعداد التي فوقها. في الفصل نفسه، تضرب النسختان الأولى والثانية من الـ *LY* ١٠٢٤ بـ ٣٠٦، والنسخة الثالثة من الـ *LY* تضرب ٤٠٦ بـ ٢٠٤، والـ *LA* كما الـ *LP*، ١٠٤ بـ ٢٠٦.

(١٠١) اختراع هذه تنسبُه الـ *DA* والـ *LA* إلى الهنود، والـ *LP* إلى المصريين، ولا يتطرق الـ *LY* إلى هذا السؤال.

(١٠٢) انظر: Allard, Ibid., pp. 146-148.

تُربط الكسور المذكورة في هذا النظام بعضها ببعض بكلمة «et» (حرف الوصل «و»)، وحدها الـ *LA* تحتوي على أمثلة عن الكسور العادية المتتالية.

(١٠٣) انظر: Allard, Ibid., pp. 158-159.

(١٠٤) انظر: Al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdisī*, pp. 60-63.

(١٠٥) انظر: Allard, Ibid., pp. 59-61 et 206-224.

يضع المؤلفون قبل العدد الصحيح عدداً مزدوجاً من الأصفار، فليكن ستة أصفار. فيما بعد يستخرجون بطريقة المحو التقليدية جذر العدد ٢٠٠٠٠٠٠ فيحصلون على العدد ١٤١٤ ويكون «الباقي ضئيلاً». ويعتبرون فيما بعد أن الوحدات والعشرات والمئات في العدد ١٤١٤ تطابق نصف عدد الأصفار الموضوعة سابقاً وأن الوحدة الباقية هي، إذاً، العدد الصحيح لجذر العدد ٢ التربيعي. وفيما بعد يتم تحويل العدد ٠,٤١٤ إلى كسور ستينية بالطريقة التالية: ٤١٤ × ٦٠ = ٢٤٨٤٠ وهو مؤلف من خمسة مواضع، أي بزيادة اثنين من نصف عدد الأصفار الموضوعة سابقاً، وهكذا يتم الحصول على أول جذر تقريبي $1^\circ\ 24'$ ومن ثم ٨٤٠ × ٦٠ . . . وهكذا دواليك للحصول نهائياً على الجذر التقريبي: $1^\circ\ 24'\ 50''\ 24'''$.

وبعد ذلك تذكر الـ LA والـ LP (ولكن دون الـ LY) أنه بدل التحويل إلى كسور ستينية، يمكننا اختيار كسور يكون مخرجها ٢٠ أو ٣٠ أو أي عدد، مثل ٢٥٢٠ والذي تكمن فائدته في كونه يُقسم على جميع الأرقام من ١ إلى ١٠. وفيما بعد، تحدد الـ LA وحدها نظرتها إلى مسألة التعبير عن كسور الجذر التقريبي بطريقة مدهشة بالنسبة إلى ذلك العصر[١٠٦]. فإن اعتبار العدد ١ $\frac{٤}{١٠}$ $\frac{١}{١٠٠}$ $\frac{٤}{١٠٠٠}$، الناتجة عن الاستخراج، يعبر أيضاً عن الجذر التقريبي للعدد ٢، مما يدل على استيعاب المؤلف لمفهوم الكسور العشرية! وتجدر الملاحظة أن «قاعدة الأصفار» المعروضة أعلاه، بقيت مستخدمة لدى المؤلفين العرب حتى القرن العاشر للميلاد. ويمكن تقديم الصيغة العامة لهذه القاعدة على النحو التالي[١٠٧]:

$a^{\frac{1}{n}} = \frac{(a.10^{nk})^{\frac{1}{n}}}{10^k}$، حيث n وk تشيران إلى أعداد صحيحة.

ويحتوي مثل هذا التقريب حتماً على كسر عشري. وتكمن المسألة كلها مع ذلك في تحديد المدى الذي من خلاله تعرّف المؤلفون على التمثيل العشري للكسر دون الاضطرار إلى تحويله إلى كسر ستيني. ولقد برهن رشدي راشد في دراسة وافية عن الموضوع أنه يجب نسب اختراع الكسور العشرية لمدرسة الكرجي وبصورة خاصة للسموأل[١٠٨]، وليس لمؤلفين كالإقليدسي (حوالى ٩٥٢م)، ولا لمؤلفين غربيين مثل ستيفن (Stévin) (١٥٨٥م) أو بونفيس (Bonfils) (١٣٥٠م). ونعتقد أنه بالإمكان، استناداً إلى تحليل النصوص الأولى اللاتينية من القرن الثاني عشر للميلاد، أن نستنتج أن «قاعدة الأصفار»، التي نجدها في الـ LY والـ LA والـ LP، جميعها، قد ذكرت قبلاً في مؤلف الخوارزمي، ولكن التعبير عن

---

(١٠٦) Aut si hoc facere uolueris, denominabis illud quod remanserit scilicet quota pars sit illius numeri per quem diuidis,

(«أو إذا شئت، تُعطي للباقي مخرجاً يحدد قيمته العدد المقسوم عليه»).

(١٠٧) نذكر صيغة السموأل العامة، الشبيهة بصيغة النصوص اللاتينية، كما يذكر: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* p. 121.

(١٠٨) المصدر نفسه، ص ٩٣ ـ ١٤٥.

الباقي في هذا الكتاب اقتصر على الكسور الستينية. وتدفع الأفكار الخاصة بالـ *LA* وحده والغائبة عن الـ *LP* (مع أن مصدريهما اللاتينيين متطابقان) إلى نسب أول ظهور غربي للكسور العشرية إلى يوحنا الطليطلي في رسالته التي ألفها حوالى العام ١١٤٣م. فهل يدل هذا الأمر على ابتكار أصيل أم على انعكاس لتقليد عربي سابق وهو تقليد على الرغم من أنه لم يحدد هذه الكسور بوضوح قبل السموأل، ولكنه على الأقل اقترب منها. في غياب المستند الواضح لا يسعنا الجزم في هذه المسألة.

ولا يسعنا سوى تكرار التعبير عن الأسف لضياع مؤلفات الخوارزمي في علم الحساب. وعلى الأقل يمكننا التأكد من أن هذه المؤلفات، وعلى قدر مؤلّف الجبر للمؤلّف نفسه، تشكل مصدراً رئيساً لتطور لم يتوج سوى في القرن الثالث عشر للميلاد حيث ظهرت مؤلفات أقل شأناً من مؤلفات أواسط القرن الثاني عشر. من هذه المؤلفات كتاب *Algorismus Vulgaris* لجان دو ساكروبوسكو (Jean de Sacrobosco) وكتاب *Carmen de algorismo* لألكسندر دو فيل ديو (Alexandre de Ville dieu)، وكذلك أيضاً كتاب *Liber Abaci* لفيبوناتشي (Fibonacci) (على الرغم من أن الكتاب هذا كان أقل رواجاً بسبب صعوبته). ونتيجة للتعقيد في المصادر وللثغرات في المعلومات الحالية عن نقل الإرث العربي، لا بد من تحليل مقارن ومفصل لمحتوى الـ *algorismes* القديمة، إذا أردنا استخلاص عدد معين من الثوابت. إن حضور، أو غياب، خاصة من الخواص في عملية أو أخرى من العمليات الحسابية، يسمح بتحديد موقع كتاب ما إن بالنسبة إلى بقية المصادر أم بالنسبة إلى التيار العلمي الذي يعالجه هذا الكتاب(١٠٩). فانطلاقاً من هذه المقاييس(١١٠) واستناداً إلى دراسة عملية طرح الأعداد الصحيحة، قمنا بتحديد مواقع المؤلفات التي تعتبر الأكثر قدماً كل منها بالنسبة إلى الآخر.

ويمكن تطبيق هذه المقاييس نفسها على مجموعة المؤلفات من القرنين الثاني عشر والثالث عشر للميلاد المكرسة للحساب الهندي والمعروفة حالياً وهي(١١١):

Dixit Algorizmi (DA) (النصف الأول للقرن الثاني عشر).

Liber Ysagogarum Alchorismi (LY) (حوالى العام ١١٤٣م).

---

(١٠٩) في مبادئها، هذه الطريقة تطابق طريقة بينيديكت (Benedict)، انظر: S. R. Benedict, «Comparative Study of Early Treatises Introducing into Europe the Hindu Art of Reckoning,» (Thesis, University of Michigan, 1984);

ولكن الأخطاء العديدة الموجودة في هذا المؤلف تجعل من الخطورة الاستناد إليه. انظر: Allard, «A Propos d'un algorisme latin de Frankenthal: Une méthode de recherche,» pp. 119 - 141.

(١١٠) انظر الصفحة ٣ من هذا الفصل.

(١١١) لا بد من التسليم بأن هذه اللائحة ليست وافية بأي شكل: عدة نصوص في علم الحساب حيث تظهر أحياناً الآثار الأولى لتأثير جبر الخوارزمي أو أبي كامل، توجد مخطوطات لاتينية لم تنشر بعد.

Liber Alchorismi (LA) (حوالى العام ١١٤٣م).

Liber Pulueris (LP) (حوالى العام ١١٤٣م).

Algorisme latin de l'abbaye de Salem (القرن الثاني عشر؟)[١١٢].

Algorisme latin du British Museum Royal 15 B IX (القرن الثاني عشر؟)[١١٣].

Algorisme latin du British Museum Egerton 2261 (القرن الثاني عشر؟).

Algorisme français Bodleian Library Selden sup. 26 (القرن الثالث عشر؟)[١١٤].

Algorismus Vulgaris de Jean de Sacrobosco (القرن الثالث عشر)[١١٥].

Carmen de algorismo d'Alexandre de Ville dieu (القرن الثالث عشر)[١١٦].

Ars algorismi, Bib. Apost. Vatic. Palat. lat. 288 (القرن الثالث عشر)[١١٧].

وإذا قمنا بمقارنة منهجية للطرق الموصوفة في هذه المؤلفات[١١٨] وفي المقالات العربية المعروفة حالياً مثل **كتاب في أصول الحساب الهندي** لكوشيار بن لبان (القرن العاشر - القرن الحادي عشر للميلاد)[١١٩] أو **كتاب الفصول في الحساب الهندي** للإقليدسي (القرن العاشر للميلاد)[١٢٠]، نلاحظ، فيما يتعلق مثلاً بطرح الأعداد الصحيحة، تشابهاً ملفتاً للنظر في السير العام للعملية (ترتيب الأعداد وتسجيل النتائج واستعمال الصفر. . .). ويتعلق الفارق الأكثر بروزاً بطريقة بدء العملية، بيسار أو بيمين الأعداد. وتقتصر المؤلفات اللاتينية الأقدم، كما المؤلفات العربية على وصف الطريقة الأسرع وهي تقضي ببدء العملية من اليسار، أو تظهر على الأقل تفضيلها لهذه الطريقة *(LA)*. وتتميز الـ *LY* وحدها عن هذه المؤلفات، ولكننا نعلم أن مصادرها متشعبة ومعقدة،

---

(١١٢) انظر: Cantor, «Uber einen Codex des Klosters Salem,» pp. 3 - 16.

(١١٣) انظر: Louis Charles Karpinski, «Two Twelfth Century Algorisms,» *Isis*, vol. 3, no. 9 (Summer 1921), pp. 396-413.

(١١٤) انظر: Waters, «A Thirteenth Century Algorism in French Verse,» pp. 45 - 84.

(١١٥) انظر: Halliwell-Phillips, *Rara Mathematica*, pp. 1-26, and Curtze, *Petri Philomeni de Dacia in Algorismum Vulgarem Johannis de Sacrobosco Commentarius una cum Algorismo ipso,* pp. 1-19.

(١١٦) انظر: Halliwell-Phillips, Ibid., pp. 73-83.

(١١٧) انظر: Allard, «A Propos d'un algorisme latin de Frankenthal: Une méthode de recherche,» pp. 128-140.

(١١٨) انظر الملاحظات المكملة لنشرة الـ *DA* والـ *LY* والـ *LA* والـ *LP* في: Allard, *Muhammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XII^e siècle*, pp. 225 - 248.

(١١٩) Kūshyār Ibn Labbān, *Principles of Hindu Reckoning.*

(١٢٠) Al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdisī.*

لذلك فهي لا تستطيع أن تشكل شهادة قاطعة على مصادرها العربية. ولم تتم القطيعة سوى في الأعمال الأحدث من نهاية القرن الثاني عشر أو بداية القرن الثالث عشر للميلاد والتي تبنت بشكل شبه إجماعي طريقة البدء من يمين الأعداد. ويبدو أيضاً أن «البرهان بالتسعة»، الذي كان يوصف في عمليات الضرب والقسمة أو استخراج الجذر، ليس مذكوراً، فيما يتعلق بالجمع وبالطرح، في الأعمال القديمة. فهو بالتالي غير مذكور في مؤلفات الخوارزمي (بخصوص الجمع والطرح). ولا شك أن هذا البرهان قد أُدخل مؤخراً، بخصوص هاتين العمليتين، بالمماثلة مع عمليتي الضرب والقسمة.

وقد تسمح، دون شك، مقارنة منهجية لجميع المؤلفات العربية ولصيغها ومطابقاتها اللاتينية والعبرية، بين القرنين التاسع والثالث عشر للميلاد، بتكوين فكرة أوضح عن التطور العربي في الحساب الهندي وعن الفائدة التي جناها منه الغرب اللاتيني، هذا الغرب الذي واجه تقاليد عديدة كانت إجمالاً قابلة للتوافق.

إن ما ذكرنا من عناصر لا يشكل سوى مقاربة أولية متواضعة في موضوع تكثر فيه الفرضيات.

في الصفحات السابقة تكلمنا مطولاً عن كيفية ظهور أول تأثير لعلم الحساب العربي في الغرب وعن الأوساط التي ظهر فيها هذا التأثير. أما الآن فسوف نتحدث فقط عن النجاح وعن التحولات التي عرفها علم الحساب الغربي في القرون التي تلت هذا الظهور.

عرفت أساليب الحساب التي تستخدم الأرقام التسعة والصفر والتي تمارس بواسطة محو الأعداد على «لوح غبار»، انتشارها الأوسع بفضل مؤلفين مختصرين من بداية القرن الثالث عشر للميلاد: *L'Algorismus Vulgaris* لجان دو ساكروبوسكو (Jean de Sacrobosco) (John of Halifax) (ت نحو ١٢٥٦م)[١٢١] وكتاب *Carmen de algorismo* لألسكندر دو ڤيل ديو (Alexandre de Ville dieu) (Alexander de Villa Dei) (ت حوالى ١٢٤٠م)[١٢٢]. هذه الأساليب التي عرفها فيبوناتشي[١٢٣] ولم يوص باستخدامها، استمرت إلى ما بعد

(١٢١) Halliwell-Phillips, *Rara Mathematica*, pp. 1-26, and Curtze, *Petri Philomeni de Dacia in Algorismum Vulgarem Johannis de Sacrobosco Commentarius una cum Algorismo ipso*, pp. 1-19. فما يقارب المئتي مخطوطة المعروفة اليوم والنشرات العديدة المتلاحقة بين العامين ١٤٨٨ و١٥٦٨م، المفهرسة من قبل سميث تدل بما فيه الكفاية على النجاح الشعبي للمؤلف. انظر: David Eugene Smith, *Rara Arithmetica* (Boston; London: Ginn and Co., 1908), pp. 31-33, reprinted (New York: [n. pb.], 1970).

(١٢٢) Halliwell-Phillips, Ibid., pp. 73-83.

يوجد عدد مرتفع جداً من مخطوطات هذا المؤلف وترجمات عديدة باللغات العامية، ويبدو أن أقدمها بالفرنسية يرقى إلى القرن الثالث عشر للميلاد.

(١٢٣) تمارس حسب المؤلف، in tabula dealbata in qua littere leuiter deleantur («على لوحة مبيضة حيث يمكن محو أحرف الكتابة بسهولة»). انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I:I liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi*, vol. 1, p. 7.

استعمال الحبر والورق إذ إننا نراها موصوفة بدقة ومكيفة بحيث تتلاءم مع الورق، في علم الحساب التجاري الألماني لبيتر بينيويتز (Peter Bienewitz) (Petrus Apianus) (العام ١٥٢٧م)[١٢٤]؛ تستعمل هذه الأساليب بشكل حصري وفيما يتعلق بالطرح، بعض المؤلفات النادرة من القرن الثاني عشر أو من بداية القرن الثالث عشر للميلاد، التي أتينا على ذكرها سابقاً. لكن هذه الأساليب لم تقض على استعمال اللوح الحسابي المعروف بال «abaque». وكان هذا الأخير يُطيل دائماً بعض العمليات، كالضرب أو القسمة، ويجعلها أحياناً عمليات شاقة فعلاً. فأخذت أساليبُ أخرى معروفة من المؤلفين العرب تفرض نفسها تدريجياً في الغرب؛ ويبدو واضحاً أن فيبوناتشي في كتابه *Liber Abaci*، عام ١٢٠٢م، كان رائداً في استخدام مثل هذه الأساليب؛ وهذا ما يظهر بوضوح من خلال أساليبه التي تتعلق بعملية ضرب الأعداد.

وقد أعطى يوحنا الطليطلي في تتمة كتابه *(LA) Liber Algorismi*، دليلاً على معرفته بأساليب لم تعد تستعمل محو الأرقام، وإنما بالأحرى جمع الحواصل الجزئية، إذ إننا نقرأ فيها[١٢٥] : $23.64 = 4.3 + 10(6.3 + 4.2) + 100(6.2)$، ويستخدم ساكروبوسكو الأسلوب نفسه في قاعدته السادسة عن الضرب[١٢٦]. ولكن هذين المؤلّفين يحصران هذا الاستعمال في الأعداد المؤلفة من وحدات وعشرات. إننا نجد هذه الطريقة نفسها موسعة بحيث تشمل الأعداد أياً تكن، في حساب الرياضي العربي الإقليدسي (نحو ٩٥٢م)، تحت اسم «طريقة المنازل». وهذه الطريقة مبينة عن طريق ضرب العددين ٧٢٥٤ و٤٨٢٣ (تُكتب الحواصل الجزئية في مربعات تتوالى مع مضاعفات العشرة وبدءاً من اليمين)[١٢٧]:

48	23	12	...

أي $7254.4823 = 3.4 + 10(3.5 + 2.4) + 100(3.2 + 8.4 + 2.5)...$

$$= 12 + 10.23 + 100.48....$$

وهذه الطريقة هي بالضبط الطريقة الأولى التي يقترحها فيبوناتشي في كتابه *Liber Abaci* (عام ١٢٠٢م) حيث يضرب ٦٠٧ بـ ٦٠٧[١٢٨]. ونعود فنجد نفس الطريقة (بتأثير من

---

(١٢٤) وهكذا فبتلاؤمه مع استعمال الورق، يأخذ أسلوب الضرب بالمحي عند بينيويتز (Bienewitz) الاسم المجازي «الضرب على شكل سفينة شراعية».

(١٢٥) انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Iohannis Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice,* pp. 119-120.

(١٢٦) انظر: Curtze, *Petri Philomeni de Dacia in Algorismum Vulgarem Johannis de Sacrobosco Commentarius una cum Algorismo ipso*, p. 9.

(١٢٧) انظر: Al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdisī*, p. 387

(١٢٨) انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I:I liber abacci. II:Practica geometriæ ed opusculi*, vol. 1, p. 12. =

فيبوناتشي) في أول رسالة بيزنطية، مجهولة الكاتب، عن الحساب الهندي في العام ١٢٥٢م[١٢٩]، ومن ثم في رسالة لمكسيم پلانود (Maxime Planude) (نحو ١٢٩٢م)[١٣٠]. ونجدها أخيراً في مؤلفات متأخرة، إيطالية أو ألمانية كالتالية: *L'Arithmétique de Trévise* (العام ١٤٧٨م) و*L'Arithmétique de Bamberg* (العام ١٤٨٣م) ومؤلفات بيارو بورغي (Piero Borghi) (العام ١٤٨٤م) وفرنشيسكو پيللوس (Francesco Pellos) (العام ١٤٩٢م) ولوقا پاشيولي (Luca Pacioli) (العام ١٤٩٤م) وأخيراً نيكولو تارتاغليا (Niccolo Tartaglia) (العام ١٥٥٦م). ولكن، كان لا بد لـ«طريقة المنازل» هذه أن تفرض نفسها خاصة على شكل شبكة حيث تسجّل الحواصل الجزئية ويكفي فيما بعد جمعها وربما لتُعاد إليها قيمتها الوضعية. فعلى هذا الشكل قدم الإقليدسي، مثلاً، عملية ضرب ٥٦٧ بـ ٤٦٨، أو ضرب ٦٥٨٣ بـ ٤٨٩. ويمكن عرض هذه الطريقة كما يلي[١٣١]:

	٣	٢	١	٩	
(١)	٢/٤	٢/٠	٣/٢	١/٢	٠
(٢)	٤/٨	٤/٠	٦/٤	٢/٤	٨
(١)	٥/٤	٤/٥	٧/٢	٢/٧	٧
	(٢)				

(٦ × ٤ = ٢٤؛ ٥ × ٤ = ٢٠...)

(٦ × ٨ = ٤٨؛ ٥ × ٨ = ٤٠...)

(٦ × ٩ = ٥٤؛ ٥ × ٩ = ٤٥...)

= نحن لا نقصد على الإطلاق أن نظهر استعمال فيبوناتشي لهذا أو ذاك من النصوص العربية، كعلم الحساب للإقليدسي، بقدر ما نريد التدليل على أن أساليب الحساب المستعملة منذ أمد بعيد في العالم العربي استُعيدت من قبل الغرب في القرون الوسطى. وقد استطاع الغرب التعرف عليها بالنصوص كما بالاحتكاك مع العالم الإسلامي.

(١٢٩) انظر: André Allard, «Le Premier traité byzantin de calcul indien: Classement des manuscrits et édition critique du texte,» *Revue d'histoire des textes*, vol. 7 (1977), pp. 83-87.

(١٣٠) انظر: André Allard, *Maxime Planude: Le Grand calcul selon les indiens*, Travaux de la faculté de philosophie et lettres de l'université catholique de Louvain; XXVII (Louvain-la-Neuve: Publications universitaires, 1981), pp. 56-74.

(١٣١) انظر: Al-Uqlīdisī, *The Arithmetic of al-Uqlīdīsī*, pp. 136-137.

الرسم الذي نقترح هو الشرح لإحدى طرائق الإقليدسي في جمع «المنازل»، ولا تظهر الأقطار في رسوم النص نفسه.

(جمعُ الأعداد ورباً، بدءاً من المربع السفلي على اليمين، وتسجيل الوحدات، يوفران الحاصل المطلوب وهو ٣٢١٩٠٨٧).

يسمي فيبوناتشي هذه الطريقة **طريقة شكل الشطرنج** حيث يستخدمها في عملية ضرب ٤٣٢١ بـ ٥٦٧[١٣٢]. وقُدمت الطريقة عينها، تحت أشكال متقاربة وخاصة تحت شكل يسمى «الخيمة أو الحصيرة» (jalousie) أو «الشبكة» (grillage)، والتي لا تختلف عن الطريقة السابقة سوى بتسجيل جميع الأعداد. وهذه الأشكال مذكورة في العديد من المؤلفات الغربية التي أخذت تتخلى عن العمل بطريقة المحو؛ ولن نذكر من هذه المؤلفات إلا بعضها والأكثر شهرة وهي مؤلفات نيكولا شوكه (Nicolas Chuquet) (العام ١٤٨٤م) ولوقا پاشيولي (Luca Pacioli) (العام ١٤٩٤م) ونيكولو تارتاغليا (Niccolo Tartaglia) (العام ١٥٥٦م)[١٣٣]. وفي الأزمنة نفسها بقي مؤلفون عرب عديدون مثل ابن البناء (ت ١٣٢١م) والكاشي (ت ١٤٢٩م) وبهاء الدين (ت ١٦٢٢م) على أمانتهم لهذه الطريقة[١٣٤].

إن عملية الضرب التي فصلنا تكفي لإعطاء فكرة عن التأثير الذي مارسه الخوارزمي وخلفاؤه على الغرب في القرون الوسطى. فبدءاً من النسخات اللاتينية الأولى في القرن الثاني عشر للميلاد، مروراً بالأعمال المعدة جيداً في علم الحساب التجاري الإيطالي في نهاية القرون الوسطى، وصولاً إلى عصر النهضة، يظهر كل الحساب الهندي كما أعده المؤلفون العرب في المؤلفات باللغة اللاتينية ومن ثم باللغات المحلية. وليس بالإمكان إلى يومنا هذا أن ندل تماماً على النصوص أو على المؤلفين أو حتى على الصلات والأقنية التي سمحت بهذا التطور الذي ذكرنا مراحله الأساسية؛ ولكن هذا الحدث أمر مؤكد.

رابعاً: إرث المؤلفين العرب في الهندسة في الغرب في القرون الوسطى

لقد لمحنا سابقاً ولعدة مرات إلى أن أوائل المؤلفين الغربيين الذين كتبوا في الحساب الهندي قد اطلعوا على أقدم الصيغ اللاتينية الصادرة عن ترجمة عربية لأعمال إقليدس. وفي هذا المجال، أشرنا بشكل خاص إلى القسم الهندسي الموجود في الصيغة الثانية من **الرباعي** الذي يتضمنه الـ *Liber Ysagogarum Alchorismi (LY)*. تحمل هذه التلميحات على الاعتقاد

---

(١٣٢) انظر: Boncompagni-Ludovisi, Ibid., vol. 1, p. 19.
هذه هي الطريقة التي ستدعى في فلورنسا «قالب سكر» (Per Bericuocolo).

(١٣٣) حتى أننا نجد طريقة «Gelosia» في مخطوطة بيزنطية دون شك من نهاية القرن الرابع عشر للميلاد. انظر: André Allard, «Les Procédés de multiplication des nombres entiers dans le calcul indien à Byzançe,» *Bulletin de l'institut historique Belge de Rome*, vol. 43 (1973), pp. 120-131.

(١٣٤) إنها طريقة «شبكة الصياد» Filet de Pêcheur للمؤلفين العرب.

أن الغرب، في هذا المجال أيضاً، كان مديناً للمؤلفين العرب في اكتشاف هندسة إقليدسية حقة. وتدل الدراسات التي أجريت على أنه قبل القرن الثاني عشر للميلاد، لم يتداول العلميون سوى بعض التحديدات الإقليدسية النادرة التي قام بتجميعها نحويون وعكستها بعض المقاطع من مؤلفات كاسيودور (Cassiodore) (ت نحو ٥٨٠م) أو إيزيدور الإشبيلي (Isidore de Séville) (ت نحو ٦٣٦م). وليس الكتاب السادس من *De nuptiis philologiae et Mercurii* لمارتيانوس كابللا (Martianus Capella) (نحو ٤٧٠م)، على الرغم من دلالة عنوانه الهندسية *De geometria*، سوى مجموعة غامضة لهذه التحديدات، غير المفهومة غالباً؛ وهو لا يحتوي إلا على مسألة واحدة من أبسط المسائل[١٣٥]. نشير هنا إلى عدم استخدام المصادر المتوفرة على الوجه الأفضل. فمن القسم الرياضي للمؤلّف الروماني *Corpus* des *Agrimensores*[١٣٦]، لم تُستخدم سوى بعض المعطيات كالقياس المقتضب لمساحة الدائرة أو قياس حجم الكرة؛ أما مبرهنة فيثاغورس التي حواها هذا المؤلف والتي لا شك في أهمية تطبيقاتها، فبقيت مجهولة حتى من فرانكون دو لياج (Francon de Liège) (ت نحو ١٠٨٣م)[١٣٧]. وما من شك بأن بويس (ت نحو ٥٢٤م) قد قام بترجمة إقليدس، على الأقل جزئياً، كما يؤكد كاسيودور[١٣٨]. ولكن المؤلّف المعروف بـ**الهندسة I** *(Géométrie I)*[١٣٩] والمنسوب إلى بويس ينتمي جزئياً إلى الكتاب الأول من مؤلف

---

(١٣٥) Quemadmodum potest super datam directam terminatam lineam trigonum aequilaterum constitui.

(«بناء مثلث متساوي الأضلاع على خط مستقيم مُعطى») انظر: J. Willis, *Martianus Capella*. (Leipzig: [n. pb.], 1983), p. 258.

وقام ستال (Stahl) بتحقيق مجمل عن العلوم الرومانية في القرون الوسطى. انظر: William Harris Stahl, *Roman Science: Origins, Development and Influence to the Later Middle Ages* (Madison, Wis.: University of Wisconsin, 1962).

(١٣٦) عرفه مثلاً راوول دو لياج (Raoul de Liège) (حوالى العام ١٠٢٥م) تحت اسم «Podismus»، ربما بالرجوع لمؤلف ماركوس جونيوس نيبسوس (Marcus Junius Nipsus).

(١٣٧) نلاحظ أيضاً أن قيمة π عند هذا المؤلف قد أُعطيت كـ $3.24 = (9/5)^2$. وكتيّبه *De quadratura circuli* المهدى إلى هرمان (Hermann)، رئيس أساقفة كولونيا (العام ١٠٣٦ ـ ١٠٥٦م) لم ينتج عن مؤلف في الهندسة، ولكن عن شرح بويس (Boèce) لكتاب *Catégories* لأرسطو؛ انظر: Menso Folkerts and A. J. E. M. Smeur, «A Treatise on the Squaring of the Circle by Franco of Liege of about 1050,» *Archives internationales d'histoire des sciences*, vol. 26, no. 98 (1976), pp. 59-105, et vol. 26, no. 99 (1976), pp. 225-253.

وفيه يعتبر تقريب أرخميدس قيمة صحيحة، وكذلك الصيغة عن مساحة الدائرة التي نقلتها الـ *Agrimensores*، وهي ١١ مرة مربع القطر مقسوماً على ١٤، المطابقة لتقريب لِـ π مساوٍ لـ 3.1429.

(١٣٨) انظر: Folkerts, *«Bœthius» Geometrie II; Ein Mathematisches Lehrbuch des Mittelalters*, p. 69.

(١٣٩) حسب التسمية التقليدية منذ «Bubnov» أو *Demonstratio artis geometricae* في:

= Friedrich Blume, K. Lachmann and A. Rudorff, *Die Schriften der Römischen Feldmesser*, 2 vols.

Agrimensores والكتاب الخامس من مؤلف *Altercatio*؛ وهو يحتوي على مقتطفات من حساب إقليدس (الكتاب الثاني)، كما أنه يقدم من دون أدنى برهان التحديدات والمصادرات والموضوعات ومعظم القضايا من الكتب الأربعة الأولى من **الأصول** (الكتاب الثالث والرابع وبداية الكتاب الخامس). ويصح نفس القول في كتاب **الهندسة II** المؤلف في لوثارنجيا (Lotharingie) في النصف الأول من القرن الحادي عشر للميلاد استناداً إلى رسالة جيربير عن وسائل الـ «abaque»، وإلى كتاب *Agrimensores*، وإلى مقتطفات من إقليدس شبيهة بالمقتطفات الموجودة في الـ *Géométrie I*(١٤٠).

قبل نهضة القرن الثاني عشر، اقتصر إذاً انعكاس أعمال إقليدس في الغرب على هندسة عملية ومختصرة. فانطلاقاً من هذا الوضع يجب النظر إلى مدرسة جيربير (ت ١٠٠٣م) في مدينة ريمس الفرنسية أو إلى مدرسة تلميذه فولبير (Fulbert) (حوالى ٩٦٥ ـ ١٠٢٨م) في مدينة شارتر (Chartres). ويجب ألا يُبحث عن سبب هذا الفقر العلمي في بداية القرون الوسطى إلا عبر الغياب شبه التام للنصوص العلمية. وقد حصر هذا النقص المؤلفين في حدود فن الحساب، حيث أبدعوا أحياناً، ولكنه تركهم في غربة عن التفكير البرهاني(١٤١). وهكذا كان اكتشافُ الغرب اللاتيني في القرن الثاني عشر للميلاد للترجمات العربية لإقليدس نقطة انطلاق ثورة علمية. ومنذ العام ١٨٨٠م، لفت ويسنبورن (Weissenborn) الانتباه إلى ترجمة لاتينية لـ **الأصول** قام بها أدلار دو باث(١٤٢)،

=

(Berlin: Reprografischer Nachdruck der Ausg., 1848-1852), vol. 1, pp. 377-412.

والتي وصفها تانري (Tannery) بـ «شبه ـ هندسة» «Pseudo -Géométrie»: انظر: Paul Tannery, «Notes sur la pseudo-géométrie de Boèce,» *Bibliotheca Mathematica*, vol. 3, no. 1 (1900), réimprimé dans: *Mémoires scientifiques*, vol. 5, pp. 211-228.

(١٤٠) حول محتوى المؤلف، انظر: Folkerts, Ibid., pp. 69-104.

(١٤١) انظر مثلاً تركيب هالّو عن علماء الرياضيات اللياجيين (Liégeois) من القرنين العاشر والحادي عشر للميلاد، في: R. Halleux, «L'Apport scientifique jusqu'à la fin du XVe siècle,» dans: *La Wallonie: Le Pays et les hommes: Lettres, arts, culture* (Bruxelles: La Renaissance de livre, 1977), pp. 489-496.

من جهة أخرى، تشهد فقرة من ترجمة لاتينية من القرن السادس لـ **أصول** إقليدس في مخطوطة على طِرس من ڤيرونا (Vérone) على معرفة أفضل بكثير بهندسة إقليدس؛ ولكن لم يبق على الأكيد إلا القليل من هذه المعرفة بين القرنين التاسع والثاني عشر للميلاد في مختارات مجمعة تسيطر فيها مقتطفات من الـ *Arigmensores*. انظر: Marius Geymonat, *Euclidis latine facti fragmenta Veronensia* (Milano: Instituto Editoriale Cisalpino, 1964).

(١٤٢) انظر: H. Weissenborn, «Die Übersetzung des Euklid aus dem Arabischen in das Lateinische durch Adelhard von Bath,» *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Historisch-Literarische Abteilung*, Bd. 25 (1880), pp. 143-166.

هذه الترجمة التي حجبها في ذلك الوقت المؤلّف المعروف بتفسير كمبانوس دو نوفارا (Campanus de Növara) (نحو ١٢٥٥م) الذي حظي بانتشار واسع. وكذلك لفت «بجورنبو» Björnbo الانتباه إلى ترجمة لاتينية مماثلة قام بها جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone)، وكان هو مكتشفها في العام ١٩٠١[١٤٣]. إلا أن م. كلاغيت (M. Clagett) في العام ١٩٥٣[١٤٤]، ومن بعده ج. أ. موردوخ (J. E. Murdoch) في العام ١٩٦٨[١٤٥]، سلطا أولى الأضواء المهمة على الاكتشاف المجدد لأعمال إقليدس في الغرب في القرون الوسطى. ومنذئذٍ تحاول أعمال مهمة جارية إلى الآن إعطاء رؤية واضحة عن عدة نصوص إقليدسية من القرنين الثاني عشر والثالث عشر للميلاد[١٤٦]. وسنلخص فيما يلي النتائج الأساسية لهذه الدراسات.

تحققت عدة ترجمات عربية لـ **أصول** إقليدس انطلاقاً من مخطوطات يونانية كانت موجودة في ظل الإمبراطورية البيزنطية[١٤٧]. وقد حقق الحجاج (نحو ٧٨٦ ـ ٨٣٣م) ترجمة أولى منها، مفقودة اليوم، وثانية أقصر منها في زمن خلافة المأمون، قام بشرحها النيريزي (ت نحو ٩٢٢م). وأنجز إسحق بن حُنين (ت ٩١٠م) ترجمة أخرى لم تُذكر إلا في مراجعةٍ لثابت بن قُرة (ت ٩٠١م)؛ وقام قسطا بن لوقا (ت نحو ٩١٢م) في بغداد بترجمة الكتابين الرابع عشر والخامس عشر غير الإقليدسيين، وتحمل بعضُ أجزاءٍ من النصوص على الاعتقاد بوجود ارتباط بين هذه الترجمات. فقد تكون بعض المخطوطات من مراجعة ثابت بن قُرة متأتية من ترجمة الحجاج، وعلى الأخص في القسم الحسابي من **الأصول** (الكتب من السابع إلى العاشر)[١٤٨].

---

(١٤٣) انظر: Axel Anthon Björnbo «Gerhard von Cremonas Übersetzung von Alkhwarizmis Algebra und von Euklids Elementen,» *Bibliotheca Mathematica*, vol. 3, no. 6 (1905), pp. 239-248.

(١٤٤) انظر: Clagett, «The Medieval Latin Translations from the Arabic of the *Elements* of Euclid, with Special Emphasis of the Versions of Adelard of Bath,» pp. 16 - 42.

(١٤٥) انظر: J. E. Murdoch, «The Medieval Euclid: Salient Aspects of the Translations of the Elements by Adelard of Bath and Campanus of Novara,» *Revue de synthèse*, vol. 89 (1968), pp. 67-94.

(١٤٦) هذه الأعمال، المرتكزة على دراسة لعدة مخطوطات، عائدة بنوع خاص إلى ر. لورش (R. Lorch)، و س. بيرنت (C. Burnett)، و م. فولكرتس (M. Folkerts)، وهـ. ل. بوزار (H. L. L. Busard).

(١٤٧) والصيغة العربية لإقليدس الأكثر انتشاراً هي نسخة الطوسي التي أتت بعد المؤلفات اللاتينية المدروسة هنا. يوجد أيضاً نسخة منسوبة خطأً للطوسي ومطبوعة في روما منذ العام ١٥٩٤م.

(١٤٨) انظر: G. De Young, «The Arabic Textual Traditions of Euclid's *Elements*,» *Historia Mathematica*, vol. 11 (1984), pp. 147-160, and Paul Kunitzsch, «Findings in Some Texts of Euclid's Elements,» in: Menso Folkerts and U. Lindgren, eds., *Mathemata. Festschrift. für. H. Gericke* (Stuttgart: [n. pb.], 1985), pp. 115 - 128.

واستخلص الغرب في القرون الوسطى فائدة جلى من هذه الترجمات لـ **الأصول**. فقد شاع نسب ثلاث صيغ لاتينية من إقليدس (المعرّب) إلى أدلار دو باث (نحو ١٠٨٠ - ١١٥٠م)[١٤٩]، وذلك بالإضافة إلى صيغة *(LY) Liber Ysagogarum* المتعارف أيضاً على نسبها للمؤلف نفسه[١٥٠]. تعود صيغة أخرى من دون شك لهرمان الكورنثي (Hermann de Carinthie) (نحو ١١٤٠ - ١١٥٠م)[١٥١]، وأنجز أيضاً واحدة منها جيرار دو كريمون (نحو ١١١٤ - ١١٨٧م) وهو مترجم غزير الإنتاج[١٥٢]. والصيغة المسماة أدلار I، في القسم الأكبر منها، تشكل ترجمة قريبة من مراجعة ثابت بن قرة، أو عبرها من ترجمة إسحق ابن حنين؛ ولكن بعضاً من مقاطعها أقرب إلى تقليد الحجاج[١٥٣]. يتعلق الأمر، إذاً، بنسخة هجينة وُضعت على الأرجح في الربع الثاني من القرن الثاني عشر للميلاد، ويبدو أنها غير عائدة لأدلار نفسه وتحتوي على الكتابين الرابع عشر والخامس عشر غير الإقليدسيين؛ ولكنها لا تضم الكتاب التاسع ولا «القضايا» من الأولى إلى الخامسة والثلاثين من الكتاب العاشر لـ **الأصول**. وعرفت النسخة أدلار II، التي يبدو فعلاً أنها عائدة لأدلار دو باث، نجاحاً واسعاً في القرون الوسطى، ولكن تاريخها نادرُ التعقيد؛ وما نعرفُ اليوم يدل على أنها تعرضت لعدد من الترميمات[١٥٤]. وعلى الرغم من أن اسم أدلار، على ما يبدو،

---

(١٤٩) رُتبت هذه الصيغ حسب الترقيم الأول والثاني والثالث منذ مقالة كلاغيت الرئيسية. انظر: Clagett, «The Medieval Latin Translations from the Arabic of the *Elements* of Euclid, with Special Emphasis of the Versions of Adelard of Bath,» pp. 16 - 42.

(١٥٠) حسب: Folkerts, «Adelard's Versions of Euclid's *Elements*,» p. 63.

لقد فصلنا في الفصل الأول محتوى الصيغة *LY* وما يمكن أن يعود فيها إلى أدلار، ويبدو لنا عدم إمكانية إثبات الأطروحة التي تجعل من أدلار دو باث (Adélard de Bath) مؤلفاً لـ *LY*.

(١٥١) انظر: H. L. L. Busard, ed., *The Translation of the Elements of Euclid from the Arabic into Latin by Hermann of Carinthia*, books 1-6 (Leiden: Brill, 1968), books 7 - 12; (Amsterdam: [n. pb.], 1977).

النسبة لهرمان الكورنثي (Hermann de Carinthie) تقليدية منذ أعمال بيركنماجر (Birkenmajer) على مكتبة ريشار دو فورنيفال (Richard de Fournival). انظر: Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*, p. 50.

(١٥٢) انظر: H. L. L. Busard, *The Latin Translation of the Arabic Version of Euclid's Elements Commonly Ascribed to Gerard of Cremona* (Leiden: Brill, 1984).

مخطوطات أخرى ذكرها المحرر منذ ما بعد هذه الطبعة. انظر: H. L. L. Busard, «Some Early Adaptations of Euclid's Elements and the Use of Its Latin Translations,» in: Folkerts and Lindgren, eds., *Mathemata. Festschrift für H. Gericke*, pp. 130-131.

(١٥٣) انظر: Kunitzsch, «Findings in Some Texts of Euclid's Elements,» pp. 115 - 128 and R. Lorch, «Some Remarks on the Arabic-Latin Euclid,» in: Burnett, ed., *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Twelfth Century*, pp. 47-53.

(١٥٤) قام م. فولكرتس وهـ. ل. بوزار بتحضير الطبعة المحققة لهذا النص انطلاقاً من ما يقارب ٥٤ =

مذكور فيها، فقد تكون مختلفة المصادر؛ وهذا أمر غير مستغرب بالنسبة إلى مؤلفات القرون الوسطى. وقد يكون بين هذه المصادر بويس أو مصدره نيقوماخوس (Nicomaque) وشيشرون (Cicéron)[١٥٥]؛ وكذلك فقد يكون بينها إغبريكس (Eggebericus) ورجينرس (Reginerus) وهو اسم لم نستطع تحديد هويته[١٥٦]، وأوكريتس (Ocreatus) (أو أوكريا (Ocrea))، الذي قد يكون نيكولا أوكريتس (Nicolas Ocreatus)، تلميذ أدلار والذي أهداه مقالته في علم الحساب[١٥٧]، وروبرتوس دو ماريسكو (Robertus de Marisco) ـ الذي من المحتمل أن يكون روبير مارش (Robert Marsh)، قريب روبير غروستست (Robert Grosseteste) (ت ١٢٥٣م) ورئيس شمامسة أوكسفورد[١٥٨]. وهذه الصيغة الثانية، وتحت شكل قد يكون أقدم من الشكل الذي تقدمه اليوم المخطوطات المتوفرة، قد تُرجمت من دون شك من العربية، على الرغم من عدم غياب تأثير إغريقي لاتيني فيها[١٥٩]. وهناك صيغة ثالثة، شديدة الاختلاف عن الأولى، تعيد ما نجده في الثانية من تحديدات ومصادرات وموضوعات ونصوص قضايا مضيفةً إليها براهين عدة. وقد عرف روجر بيكون (Roger Bacon) (نحو ١٢١٤ ـ ١٢٩٢م) هذه الصيغة *(III)* على أنها *editio specialis Alardi Bathoniensis*[١٦٠].

= مخطوطة؛ وهذه الطبعة على قدر كبير من الأهمية في تاريخ العلوم في القرون الوسطى. لا يسعنا سوى التذكير فيما يخصها ببعض العناصر المعروفة. ونشير إلى أن طبعة غولدات (G. D. Goldat) غير المنشورة ليست إلا نسخاً لمخطوطة واحدة. انظر: G. D. Goldat, «The Early Medieval Tradition of Euclid's *Elements,*» *(Unpublished Thesis, University of Wisconsin, 1954).*

(١٥٥) انظر: *Pinguis Minerua* في المقالة الحادية عشر، ٢١ (= *De Amicitia*، V، ١٩). ويظهر القول نفسه في الـ *De eodem et diuerso* لأدلار دو باث (Adélard de Bath).

(١٥٦) القضية العاشرة، ٤٢، ومقدمة الكتاب العاشر.

(١٥٧) نسوق هذه الفرضية بحذر شديد: تذكر المخطوطات بالتمام «Ocrea Johannis (in (أو ex»، مما يجعل صعباً، من الناحية النحوية، مجرد الرجوع إلى يوحنا أوكريتس (Jean Ocreatus) أو إلى نيكولا أوكريتس (Nicolas Ocreatus). ومن الممكن إيجاد جواب على هذه المسألة في الأوراق الثلاث الأولى من مخطوطة من القرن الثاني عشر للميلاد، Cambridge Trinity College، حيث يُذكر ألاردس (Alardus) وجوهانس (Johannes) كهندسيين. وتبقى غامضة مراجع أخرى في ختام الكتاب العاشر: «Lincol» (Lincol <niensis>?), «Zeob», «Rog» (Rog <erius>?), »Hel» (Hel <iensis>?).

(١٥٨) انظر: Folkerts, «Adelard's Versions of Euclid's *Elements,*» p. 64, note (55).

(١٥٩) إلى جانب التعابير المميزة مثل التعبير XIII، ٧: «wa delicah me aradene en nubeienne»، نجد غالباً عبارات مستعملة مثل «hypothenusa» و «ysosceles»، . . . الخ التي لا تظهر أبداً في النسخة الأولى.

(١٦٠) لكن روجر بيكون (Roger Bacon) استعمل بكل تأكيد المخطوطة ١٦٦٤٨، مكتبة باريس الوطنية والتي يتحدث قلفونها عن *editio*. وقام كلاغيت بنشر مقدمة النص، في: Marshall Clagett, «King Alfred and the *Elements* of Euclid,» *Isis*, vol. 45, no. 141 (September 1954), pp. 273-277.

يوجد، علاوة على ذلك، مجموعة مبعثرة من المسائل الهندسية تحت عنوان «Bathon (Bachon?) Alardus in 10 Euclidis?» في مخطوطة مكتبة فلورنسا الوطنية (Conv. soppr. J IX 26 (folios 46 - 55 =

وتبدو هذه الصيغة كشرح أكثر مما تبدو كترجمة مستقلة، على الرغم من احتوائها على تعابير عربية غير موجودة في الصيغة *(II)*.

ولكن الترجمة المنسوبة إلى هرمان (Hermann) والمعروفة عبر مخطوطة واحدة، والتي تنقصها الكتب من الثالث عشر إلى الخامس عشر من **الأصول**، عرفت نجاحاً أقل كثيراً من سابقاتها. وقد دلت دراسات حديثة أُجريت أساساً على نصوص التحديدات، على وجود علاقات أكيدة بين صيغة هرمان وبعض المقاطع من الصيغة المُزادة من الـ *LY* والصيغتين الأولى والثانية الأدلاريتين. ويبدو واضحاً أن الصيغة (II) لأدلار تحتل مركزاً وسطاً بين الصيغة *(I)* وصيغة هرمان، وأن بعض مقاطعها قد استُعيدت في الصيغة المزادة من الـ *LY*[١٦١]. ويبرهن الناشر أن نص هرمان كما نملكه اليوم يشكل صيغة مختصرة بشكل ملحوظ، تعكسها بصورة مختلفة الصيغة الهجينة الموجودة في المخطوطة *Reginensis* ١٢٦٨ من مكتبة الفاتيكان[١٦٢].

وقد شاءت المصادفات المتعلقة بانتقال النصوص ونشرها ألا تعرف ترجمة **الأصول** التي قام بها المترجم الكبير جيرار دو كريمون في القرن الثاني عشر للميلاد[١٦٣] نفس النجاح الذي لقيته الصيغة الأدلارية الثانية؛ ومع ذلك فهي تشكل الصيغة الأكمل بين صيغ **الأصول** التي عرفها الغرب اللاتيني قبل اكتشافه مجدداً النص الإغريقي. وليس في الأمر ما يدعو إلى الدهشة؛ فهي أقرب إلى تقليد إسحق بن حنين وثابت بن قرة منها إلى تقليد الحجاج، لذلك فقد تضمنت عناصر إقليدسية عديدة غائبة عن النصوص الأخرى المذكورة[١٦٤]: إن نوعية مصدرها الرئيسي بالذات وهو أكثر أمانة للنص الإغريقي الأصلي، تفسر تفوق هذه الترجمة اللاتينية. وقام جيرار دو كريمون أيضاً بترجمة لشرح النيريزي للكتب العشرة الأولى من **الأصول**[١٦٥]، ولشرح الكتاب العاشر العائد لمحمد بن

= وينسبها الناشر لروجر بيكون. انظر: H. L. L. Busard, «Ein Mittelalterlicher Euklid-Kommentar, der Roger Bacon Zugeschrieben Werden Kann,» *Archives internationales d'histoire des sciences,* vol. 24, no. 95 (1974), pp. 199 - 217.

(١٦١) انظر الدراسة الدقيقة عن هذا السؤال، في: Folkerts, Ibid., pp. 66-68.

(١٦٢) انظر: Busard: *The Latin Translation of the Arabic Version of Euclid's Elements Commonly Ascribed to Gerard of Cremona,* pp. xi-xii , and «Some Early Adaptations of Euclid's Elements and the Use of Its Latin Translations,» pp. 133 - 134.

(١٦٣) انظر: Busard, *The Latin Translation of the Arabic Version of Euclid's Elements Commonly Ascribed to Gerard of Cremona.*

(١٦٤) وهكذا القضايا الأولى، ٤٥؛ السادسة، ١٢؛ الثامنة، ٢٤ و٢٥، والعاشرة ٢١ و٢٢، ومن الثامنة، ١٤ و١٥. جميع هذه العناصر أُغفلت في نسخات هرمان الكورنثي وأدلار دو باث.

(١٦٥) انظر: Maximilian Curtze, «Anaritii in decem libros priores Elementorum Euclidis commentarii,» in: I. L. Heiberg and Heinrich Menge, eds., *Euclidis Opera Omnia* (Lipsiae: In aedibus B. G. Teubneri, 1899), pp. 1-252.

عبد الباقي(١٦٦)، والجزء من شرح الكتاب العاشر لپاپوس الإسكندري (Pappus d'Alexandrie) والذي ترجمه ابن مالك الدمشقي(١٦٧).

ولم تكن وساطة العرب للغرب اللاتيني في معرفة إقليدس حتمية. فلقد قام في صقلية طالب مجهول (هو نفسه من دون شك من ترجم كتاب **المجسطي** لبطلميوس(١٦٨) عند قدومه من سالرنو) بنقل الكتب من الأول إلى الثالث عشر والكتاب الخامس عشر وخلاصة عن الكتابين الرابع عشر والخامس عشر من **الأصول** نحو ١١٦٠م من اليونانية إلى اللاتينية. وليس من مجال للمقارنة بين تأثير عمله هذا وتأثير الترجمات العربية لإقليدس، السابقة أو المعاصرة له (التي أزاحت من الاستعمال مقالات الهندسة العملية المستوحاة من الـ *Agrimensores*) أو بينه وبين تأثير الرسائل العربية عن استعمال الأسطرلاب مثل *Practica geometrie* لـهوغ دو سان فيكتور (Hugues de Saint Victor) (نحو ١٠٨٦ - ١١٤١م)(١٦٩). ولم يتم وضع أي شرح لـ **الأصول**، جدير بالاهتمام قبل منتصف القرن الثالث عشر للميلاد، وحتى شرح ألبير الكبير (Albert le Grand) بالذات متعلق بشدة بشرح النيريزي(١٧٠). ولكن الدراسة المنهجية، كما بوشر بها اليوم، لعدة مخطوطات لاتينية، وخاصة لمخطوطات القرنين الثالث عشر والرابع عشر للميلاد، تدل على انفجار مذهل في الاهتمام بالعلوم الإغريقية وتوجهاتها، في الغرب اللاتيني، وهو اهتمام حفزت عليه الترجمات العربية لإقليدس في النصف الأول للقرن الثاني عشر للميلاد. وما سنقدمه هو مثل يُظهر هذا الواقع كما تظهره عشرات غيره(١٧١).

---

(١٦٦) المصدر نفسه، ص ٢٥٢ - ٣٨٦.

(١٦٧) انظر: G. Junge, «Das Fragment der Lateinischen Übersetzung des Pappus-Kommentars zum 10. Buche Euklids,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik,* Bd. 3, no. 1 (1934), pp. 1-17.

(١٦٨) انظر: John E. Murdoch, «Euclides Graeco-Latinus: A Hitherto Unknown Medieval Latin Translation of the Elements Made Directly from the Greek,» *Harvard Studies in Classical Philology,* vol. 71 (1966), pp. 249-302.

ظهرت أول ترجمة لاتينية كاملة صادرة عن النص اللاتيني في البندقية في العام ١٥٠٥م، غير أن نشرة فيديريكو كوماندينو (Fédérico Commandino) (Pesaro، العام ١٥٧٢م) هي التي قامت بدور الأساس لجميع النشرات المتتالية حتى بداية القرن التاسع عشر للميلاد.

(١٦٩) انظر: S. K. Victor, «Practical Geometry in the High Middle Ages: *Artis cuiuslibet* consummatio and *the Pratike de geometrie,»* Memoirs of the American Philosphical Society, vol. 134 (1979).

(١٧٠) انظر: P. M. J. E. Tummers, *Albertus (Magnus)' Commentaar op Euclides' Elementen der Geometrie* (Nijmegen: [n. pb.], 1984), and J. E. Hofmann, «Über eine Euklid-Bearbeitung die dem Albertus Magnus Zugeschrieben Wird,» paper presented at: J. A. Todd, ed., *Proceedings of the International Congress of Mathematics, 14-21 August 1958* (Cambridge: [n.pb.], 1960), pp. 554 - 566.

(١٧١) انظر: Busard, «Some Early Adaptations of Euclid's Elements and the Use of Its Latin Translations,» pp. 139-140 and 153-154.

ففي نهاية الكتاب الثامن من **الأصول** نجد قاعدة عن التناسب، في الورقة ٤٩ (وجه) من المخطوطة اللاتينية ٧٣ من مكتبة جامعة بون (القرن الثالث عشر للميلاد) وفي الورقة ٣٨ (وجه) من الـ *Reginensis* اللاتينية ١٢٦٨ من مكتبة الفاتيكان (القرن الرابع عشر للميلاد)، مقدمة كما يلي:

«لثلاث كميات معطاة، تعادل نسبةُ الأولى إلى الثالثة حاصل ضرب نسبة الأولى إلى الثانية بنسبة الثانية إلى الثالثة»[١٧٢].

وبرهانها يمكن إيضاحه كالتالي:

فليكن $\frac{b}{a} = d$ ؛ $\frac{c}{b} = e$ ؛ $d.e = f$

بما أن $d.a = b$ و $d.e = f$ ؛ يأتي $\frac{e}{a} = \frac{f}{b}$ و $e.b = f.a$ (**الأصول** VII، ١٩).

وإذ $e.b = c$ ؛ إذاً $f.a = c$ و $\frac{c}{a} = f = \left(\frac{b}{a}\right)\left(\frac{c}{b}\right)$.

يتوافق هذا البرهان (ولو بشكل مختلف) مع البرهان الذي يقدمه أوطوقيوس (Eutocius) في شروحاته (II، ٤) لكتاب **الكرة والأسطوانة** لأرخميدس[١٧٣]. هذه القاعدة يعبر عنها هندسياً التحديد الخامس من الكتاب السادس لـ **الأصول** في الترجمة الصقلية للنص الإغريقي[١٧٤]، وهذا يشكل الاستثناء الوحيد تقريباً. فهذه القاعدة عُرفت في الغرب اللاتيني حسب الصيغة المقدمة أعلاه استناداً إلى ترجمة جيرار دو كريمون للنص العربي[١٧٥]. كما نجدها، من دون برهان، في ترجمة قام بها جيرار دو كريمون أيضاً لكتاب *Epistola de proportione et proportionalitate* لأحمد بن يوسف (ت نحو ٩١٢م)[١٧٦] والتي ذكرها

---

(١٧٢) Propositis tribus quantitatibus eiusdem generis proportio prime ad tertiam producitur ex proportione prime ad secundam et proportione secunde ad tertiam.

انظر: المصدر نفسه، ص ١٥٣، هامش رقم (٤٧).

(١٧٣) انظر: Marshall Clagett, ed., *Archimedes in the Middle Ages*, University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 6, 5 vols. (Madison, Wis.: University of Wisconsin, 1964-1984), vol. 2, pp. 16-18.

(١٧٤) Proportio ex proportionibus constare dicitur quando proportionum quantitates in se ipsas multiplicate fecerint aliquam.

(١٧٥) Dicitur quod proportio ex proportionibus aggregatur quando ex multiplicatione quantitatis proportionum, cum multiplicantur in seipsas, prouenit proportio aliqua.

(١٧٦) انظر: W. R. Schrader, «The Epistola de proportione et proportionalitate of Ametus Filius Josephi,» (Unpublished Thesis, University of Wisconsin, 1961).

كمبانوس دو نوڤارا (Campanus de Novara) (ت ١٢٩٦م)، وليوناردو فيبوناتشي (العام ١٢٠٢م)[١٧٧] وتوماس برادواردين (Thomas Bradwardine) (ت ١٣٤٩م)[١٧٨]. ويظهر البرهان في كتاب *Liber de proportionibus* المجهول المؤلف والمنسوب إلى جوردانوس نموراريوس (Jordanus Nemorarius) (ت ١٢٣٧م) وفي مؤلف *Tractatus de proportione et proportionalitate* المنسوب إلى كمبانوس دو نوڤارا[١٧٩]. كما يظهر تحت شكل القاعدة (IV، ٢٧) في الـ *Liber de Triangulis* للمدعو نموراريوس[١٨٠] وفي ملحوظات روجر بيكون (Roger Bacon) (ت حوالى ١٢٩٢م) حول **الأصول**[١٨١]. ويوجد برهان آخر شبيه ببرهان أوطوقيوس في مقالة **البصريات** *(Perspectiua)* (حوالى ١٢٧٠م) لويتلّو (Witelo)[١٨٢]. وفي القرن الرابع عشر للميلاد، ظهر نص القاعدة وبرهانها في مؤلفات مثل مؤلف الـ *Quadripartitum* لريتشارد دو والنغفورد (Richard de Wallingford) (ت ١٣٣٥م)، أحد أوائل المتابعين باللاتينية لمؤلف الطوسي في علم المثلثات[١٨٣]. كما ظهر في مؤلف *De proportionibus uelocitatum in motibus* لسيمون دو كاستيللو (Simon de Castello) المنسوب إلى نيكولا أورسم (Nicolas Oresme)[١٨٤]؛ ونجد النص بمفرده في الـ *Tractatus de proportionibus* لتوماس برادواردين (١٣٢٨م)[١٨٥] وفي الـ *Tractatus*

---

(١٧٧) انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I:Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi,* vol. 1, p. 119.

(١٧٨) انظر: Henry Lamar Crosby, ed. *Thomas of Bradwardine, His Tractatus de Proportionibus; Its Significance for the Development of Mathematical Physics* (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1955), p. 74.

(١٧٩) انظر: H. L. L. Busard, «Die Traktate *De Proportionibus* von Jordanus Nemorarius und Campanus,» *Centaurus,* vol. 15, nos. 3-4 (1971), pp. 193-227.

(١٨٠) انظر: Maximilian Curtze, *Jordani Nemorarii Geometria, vel De Triangulis Libri IV* (Thorn: E. Lambeck, 1887), pp. 45-46, note (29).

(١٨١) Busard, Ibid., p. 215, note (30).

(١٨٢) Clagett, ed., *Archimedes in the Middle Ages,* vol. 2, pp. 13-15.

المؤلف، المهدى إلى غليوم دو موربك (Guillaume de Moerbeke)، المترجم الكبير من القرن الثالث عشر للميلاد، قد استوحى بشكل واسع علم المناظر لابن الهيثم (Alhazen)، ويشكل حلقة هامة في نشر البصريات الإغريقية ـ العربية؛ ويعود كبلر (Kepler) إليه في العنوان نفسه لكتابه عن البصريات العام ١٦٠٤.

(١٨٣) انظر: John David North, *Richard of Wallingford: An Edition of His Writings,* 3 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1976), vol. 1, p. 60.

(١٨٤) انظر: J. F. McCue, «The Treatise *De proportionibus velocitatum in motibus* Attributed to Nicholas Oresme,» (Unpublished Thesis, University of Wisconsin, 1961), pp. 25-26, note (46).

(١٨٥) Crosby, ed., *Thomas of Bradwardine, His Tractatus de Proportionibus; Its Significance for the Development of Mathematical Physics,* p. 76.

proportionum لألبير دو ساكس (Albert de Saxe) (١٣١٦ ـ ١٣٩٠م)(١٨٦). ولا شك في أن بحوثاً مشابهة، تتناول المؤلفات اللاحقة سوف تُظهر الاستعارة عينها.

لقد أشرنا إلى تفسيرات ألبير الكبير وروجر بيكون لـ **الأصول**، المرتكزة على صيغتي أدلار الثانية والثالثة؛ وكلاهما استعان بشدة بتفسير النيريزي الذي ترجمه جيرار دو كريمون(١٨٧). ولكن، من بين جميع المؤلفات المستوحاة من إقليدس بالعربية، فإن الأقوى تأثيراً والأوسع انتشاراً هو ولا شك **كتاب الشروحات** *(Commentaire)*(١٨٨) لكمبانوس دو نوفارا الذي يشكل فعلاً الـ *editio princeps* لإقليدس (البندقية العام ١٤٨٢م) والمكتوب من دون شك بين العامين ١٢٥٥ و١٢٦١م. يدل على نجاح هذا المؤلف العدد المرتفع جداً لمخطوطاته، بالإضافة إلى حوالى الثلاث عشرة طبعة متتالية له تمّت فقط خلال القرنين الخامس عشر والسادس عشر للميلاد. وبالمقابل، فمعرفتنا لمصادر كمبانوس المختلفة لا تزال ناقصة وذلك لعدم توفر الدراسة الوافية حول هذه المسألة. بين هذه المصادر نجد بالتأكيد الصيغة الثانية لأدلار دو باث، وشرح النيريزي (Anaritius)(١٨٩)، والـ *Epistola* لأحمد بن يوسف الذي ذكره المؤلف كمبانوس مرات عديدة تحت اسم *Ametus filius Josephi*(١٩٠)، والـ *Arithmétique* لـنـمـوراريـوس (Nemorarius)، والـ *De triangulis* لـنـمـوراريـوس المزعوم(١٩١). ولا مجال هنا لذكر مؤلفات القرون الوسطى التي يظهر عبرها مؤلف

---

(١٨٦) انظر: Busard, «Some Early Adaptations of Euclid's Elements and the Use of Its Latin Translations,» p. 140.

(١٨٧) انظر: Curtze, «Anaritii in decem libros priores Elementorum Euclidis commentarii,» pp. 1-252.

لا يقتصر تأثير النيريزي في مؤلف روجر بيكون على شرحه لإقليدس: نجده أيضاً في القسم غير المنشور من مؤلفه *Communia Mathematica* المحتوى في مخطوطة «Digby» ٧٦، أوكسفورد. من جهة أخرى لم يعرّف على مصادر ألبير الكبير بشكل قاطع: نجد تكراراً في النص تلميحات مثل «Translatio ex greco, translatio ex arabico» التي تدل على أن المؤلف قد عرف ترجمة لاتينية للنص الإغريقي وأنه ميزها عن مصادره العربية.

(١٨٨) حسب المعنى السائد في القرون الوسطى والقاضي بأن يُلحق بالنص وبرهانه، براهين أخرى ولازمات أو مبرهنات إضافية، ونرى فيما بعد، مثلاً بخصوص تثليث الزاوية.

(١٨٩) أضاف كمبانوس (Campanus) إلى العرض والبرهان الأول، ١ من: Euclide, *Les Eléments* برهانين مطابقين لبرهاني النيريزي. انظر: Clagett, «The Medieval Latin Translations from the Arabic of the *Elements* of Euclid, with Special Emphasis of the Version of Adelard of Bath,» p. 29, note (31) (4), and Murdoch, «The Medieval Euclid: Salient Aspects of the Translations of the Elements by Adelard of Bath and Campanus of Novara,» p. 80, note (41); p. 82, note (53); p. 89, note (84) and p. 92, note (100).

(١٩٠) مثلاً في: Euclide, Ibid., V, 16.

(١٩١) هكذا تتناسب المقالة الأولى، ٤٨ لـ «Campanus» (الورقة ١٠ من طبعة العام ١٤٨٢م) مع =

كمبانوس عن إقليدس كعمل محدد في تطور الفكر العلمي. فقد تجاوز تأثيرُ هذا الاكتشاف الجديد لإقليدس بواسطة الترجمات والمؤلفات العربية الأصلية، إطار الأدب العلمي، وفاق ذلك ليشكل القاعدة نفسها لتلقين كل علم وكذلك لكل معرفة موسوعية[١٩٢]. وفي هذا الصدد تجدر الإشارة إلى الفرق النوعي بين نوعين من الكتابات الهندسية. النوع الأول يتجلى مثلاً في مؤلف **الهندسة العملية** لكاتب مثل هوغ دو سان فيكتور، الذي كتب استناداً إلى معرفة الكاتب بويس وحسب، كما يتجلى في مؤلفات مثل *Agrimensores* و*Quadratum geométricum* لجيربير وفي المؤلفات العربية عن الأسطرلاب. أما النوع الثاني فيتجلى في **هندسة عملية** أخرى لفيبوناتشي (العام ١٢٢٠م) أو لدومينيكوس دو كلافاسيو (Dominicus de Clavasio) (نحو ١٣٤٦م) مثلاً حيث تأثير الترجمات اللاتينية للأعمال العربية حول إقليدس، دائم الحضور[١٩٣]. ولم يقتصر الإسهام في تقدم الغرب العلمي على هذه المعرفة بكتاب **الأصول** على الرغم من الأهمية القصوى لهذه المعرفة. فمهما بلغت درجة جهلنا بالمصادر الحقيقية لمؤلف ليوناردو فيبوناتشي[١٩٤] **الهندسة العملية**، فإن بعض الوقائع تبدو

= المقالة الرابعة، ١٧ من *De triangulis*، في: Curtze, *Jordani Nemorarii Geometria, vel De Triangulis Libri IV*, p. 37.

وفي المقالة الخامسة، ١٦، يذكر كمبانوس آخر التحديدات التي بدأ بها الكتاب الثاني من علم الحساب (في الطبعة القديمة لجاك ليفيفر ديتابل (Jacques Lefèvre d'Etaples)) مستعيداً مشروع غرانت (E. Grant)، باشر هـ. ل. بوزار (H. L. L. Busard) تعليقاً على علم الحساب لجوردانوس (Jordanus)، والمفقود للأسف إلى الآن. يجب انتظار هذه الطبعة لندرس حقاً ما يعود لكمبانوس وما يعود لجوردانوس. لِنُشر فقط هنا إلى وجود فوارق ملموسة بين مصطلحات المؤلفين. هكذا، في: *Seriem numerorum in infinitum posse extendi* و*Nullum numerum in infinitum decrescere* (المطلبان ٣ و٤ من الكتاب الأول)، يحل محل الفعلين «extendi» و «decrescere» عند جوردانوس بالتتالي الفعلان «procedere» وَ «diminui» عند كمبانوس.

(١٩٢) نكتفي بتقديم أحد الأمثلة. فقد كتب فيليب إيليفان (Philippe Elephant) وهو طبيب من تولوز في منتصف القرن الرابع عشر للميلاد مؤلفاً رياضياً بعنوان *Mathematica*. مع قسم هندسي مستوحى بشكل واسع من كمبانوس. انظر: P. Cattin, «L'Œuvre encyclopédique de Philippe Eléphant: Mathématique, alchimie, éthique (milieu du XIV^{e} siècle),» dans: *Ecole Nat. de chartes: Position des thèses* (Paris: [s. n.], 1969), pp. 9-15.

(١٩٣) انظر: H. L. L. Busard, «The Practica Geometriæ of Dominicus de Clavasio,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 2 (1965), pp. 520-575.

لتحديد، مثلاً، طبيعة الأسطوانة (Columna Rotunda) أو المخروط (Piramis Rotunda) قبل إيجاد مساحتيهما، يذكر المؤلف بوضوح التحديدين ١١ و٩ من الكتاب الحادي عشر لكمبانوس (= التحديدين ٢١ و١٨ من النص الإغريقي).

(١٩٤) انظر فقرتنا التالية عن الجبر. لقد فقدنا إلى الآن الأثر لعدد وفير من الترجمات اللاتينية التي لا تحصى لمؤلفات عربية نفذت في القرن الثاني عشر للميلاد، ومؤلف فيبوناتشي لا يدل على معرفة له بالعربية. ضمن هذا الإطار يجب أن نفهم استنتاجات أفضل المؤلفين، كاستنتاج: Rashed, *Entre arithmétique et* =

بحيرة. فالكتاب الرابع من هذا المؤلف (١٢٢٠م) الذي يحمل العنوان *De diuisione omnium camporum inter consortes* («حول قسمة جميع الحقول بين ورثة محتملين») هو أول انعكاس غربي للمؤلف المفقود لإقليدس عن قسمة الأشكال الهندسية[١٩٥]. وهو مؤلف ذكره بروكلس (Proclus) في شرحه للكتاب الأول من **الأصول**. والكتاب الرابع المذكور هو تركيب يستند إلى عدة مؤلفين[١٩٦]. وهو يضيف إلى القضايا أمثلة عددية تبرر عنوانه. ولكن ما لا يقل عن اثنتين وعشرين من القضايا التي يحتويها قد عولجت بطريقة شبه مطابقة للتي نعرفها من أحد النصوص العربية[١٩٧]؛ وهناك ثماني قضايا ذكرها فيبوناتشي بوضوح، أما الست الأخيرة فقد ساقها من دون أي برهان، على افتراض كونها معلومة[١٩٨].

ولا يسعنا التنويه بما فيه الكفاية بالتأثير الرئيس للأعمال العربية حول إقليدس وبانتشارها في عدة أعمال من القرون الوسطى. وقد عرف الغرب مؤلفات أخرى، لا تقل عن هذه الأعمال، وذلك عبر الترجمات اللاتينية التي قام بها جيرار دو كريمون. فإننا نعلم، منذ أن كرس م. كلاغيت (M. Clagett) مؤلفه الهام لتقليد أرخميدس العربي - اللاتيني[١٩٩]، كيف ظهرت الأعمال الرياضية لهذا العالم الإغريقي. وعلى الرغم من الإسهام الكبير لترجمات غليوم دو موربك (Guillaume de Moerbeke) (حوالى ١٢١٥ - ١٢٨٦م) صديق القديس توما الأكويني، للنص الإغريقي، فإن تأثير أرخميدس بالعربية

= *algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, p. 260:

«لا أحد يجهل العلاقة المباشرة لفيبوناتشي مع الرياضيات العربية».

(١٩٥) ربما بعض من أجزاء كتاب *Practica geometrie* تعكس أيضاً الـ *Métriques* لهيرون الإسكندري، انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abacci, II: Practica geometriæ ed opusculi,* vol. 2, and Gino Arrighi, *La Practica de Geometria,* Testimonianze di storia della scienza; III (Pisa: Domus Galilaeana, 1966).

(١٩٦) وهذا، مرة أخرى، «شرح» (بالمعنى السائد في القرون الوسطى).

(١٩٧) المقصود هو النص الأول من النصين اللذين نشرهما: Franz Woepcke, «Notice sur les traductions arabes de deux ouvrages perdus d'Euclide,» *Journal asiatique,*, 4ème série, tome 18 (1851), pp. 217 - 247; traduction anglaise dans: Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages,* University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 4 (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1959), pp. 24-30.

(١٩٨) حسب استنتاجات أرشيبالد، انظر: Raymond Clare Archibald, *Euclede's Book on Divisions of Figures, with a Restoration,* based on Woepcke's text and on the Practica Geometriæ of Leonardo Pisano (Cambridge, Mass.: University Press, 1915), p. 11.

(١٩٩) انظر: Clagett, ed.,*Archimedes in the Middle Ages,* vols. 1-5.

حيث يختصر الفصل السابع من الجزء الأول، ص ٥٥٨ - ٥٦٣، استنتاجات المؤلف عن التقليد العربي - اللاتيني لأرخميدس. وهذه الاستنتاجات قد استُكملت في الأجزاء من الثالث إلى الخامس.

تجاوز كثيراً إطار القرنين الثاني عشر والثالث عشر للميلاد. ويكفي للاقتناع بذلك أن نذكر أن مؤلفاً مثل الـ *Liber de motu* لجيرار دو بروكسل (Gérard de Bruxelles) (القرن الثالث عشر للميلاد)، ولو أن المؤلف ينسبه إلى معلوماته الخاصة، مرتبط بشدة بكتاب **قياس الدائرة** الذي ترجمه جيرار دو كريمون[٢٠٠]. وينطبق نفس القول على كتاب *Liber de curuis superficiebus* لجوهان دو تينمو (Johannes de Tinemue) (Jean de Tynemouth?) (ت نحو ١٢٢١م)[٢٠١]. ويعتبر هذا المؤلف، مع كتاب **قياس الدائرة** *(De mensura circuli)*، المؤلف الأكثر شعبية في القرنين الثالث عشر والرابع عشر للميلاد من بين المؤلفات التي استوحت أرخميدس. وقد ساهم، مع كتاب الـ *Verba filiorum Moysi* لبني موسى في تعريف الغرب على قضايا الكتاب الأول من كتاب *De sphaera et cylindro* **(الكرة والاسطوانة)** لأرخميدس. وقد استعمله، على سبيل المثال، كل من نيكولا أورسم (Nicolas Oresme) (حوالى ١٣٢٠ ـ ١٣٨٢م) وفرنسوا دو فراري (François de Ferrare) (العام ١٣٥٢م) والمؤلف المجهول لشروحات كتاب *Liber de ponderibus*، وكذلك المؤلف المجهول لكتاب *Liber de inquisicione capacitatis figurarum* (القرنان الرابع عشر والخامس عشر للميلاد).

ولا بد لأي عرض منهجي للتأثير العربي على استعمال علوم القرون الوسطى لكتابات أرخميدس من أن يأتي على ذكر مؤلفات جوردانوس نموراريوس وليوناردو فيبوناتشي وروجر بيكون وكمبانوس دو نوڤارا وتوماس برادواردين وفرنسوا دو فراري ونيكولا أورسم وألبيرْ دو ساكس وويغاندوس دورنهايمر (Wigandus Durnheimer) وغيرهم من المؤلفين ممن لم يتسنّ لنا معرفة أعمالهم. إن الحالة الراهنة للمعارف تجعل من الصعب التفريق بين ما يعود بشكل خاص للتأثير العربي وما يعود لتأثير النص الإغريقي أو لترجمته اللاتينية في القرن الثالث عشر للميلاد، التي قام بها غليوم دو موربك (Guillaume de Moerbeke). ولكن بعض الوقائع جديرة بالذكر. من بين مثل هذه الوقائع ما نجده في مجرى الحلول اللاتينية لمسألة تثليث الزاوية، الشهيرة.

إذا استثنينا الحالة الخاصة للقاطع المرسوم من طرف قطر عمودي على وترٍ ما، لا تتضمن مسألةُ القاطع المنطلق من نقطة والذي يعترضه خطان مستقيمان أياً كانا على طولٍ معطى، حلولاً بواسطة المسطرة والبيكار، إذ إنها تقود إلى البحث عن نقاط تقاطع القطعين: الزائد $y(c-x)=ab$ والمكافئ $x^2=ay$[٢٠٢]. لقد استخدم أرخميدس هذا القاطع في القضايا من الخامسة إلى الثامنة من كتاب **الحلزونيات** *(Spirales)*»، وفي القضية الثامنة من

(٢٠٠) انظر: Marshall Clagett, «The *Liber de Motu* of Gerard of Brussels and the Origins of Kinematics in the West,» *Osiris*, vol. 12 (1956), pp. 73-175.

(٢٠١) انظر: Clagett, ed., *Archimedes in the Middle Ages*, vol. 1, pp. 439-557.
غير أننا نلاحظ أن الناشر سجل تأثيرات عديدة للنص اليوناني في هذا المؤلف.

(٢٠٢) الأمر الذي، في المفهوم الجبري، يعود إلى حل مسألة من الدرجة الثالثة.

كتاب المقدمات (Lemmes) (Liber assumptorum) الذي لا نعرفه اليوم إلا عن طريق تنقيح عربي له[٢٠٣]. وقد أثبت ت. هيث (T. Heath) في مؤلفه التقليدي عن الرياضيات الإغريقية أن مسألة «القاطع» مربوطة بمسألة «الانحناءات» (inclinationes)، التي ذكرها پاپوس (Pappus)، وبتثليث الزاوية[٢٠٤]، ولكننا نجهل طريقة حل أرخميدس لمسألة القاطع. وهذه المسألة، كمسألة تثليث الزاوية، أظهرتها للغرب الترجمة اللاتينية التي قام بها جيرار دو كريمون لمؤلف **كتاب معرفة مساحة الأشكال البسيطة والكرية** *(Livre de la connaissance de la mesure des figures planes et sphériques)* لأبناء موسى بن شاكر الثلاثة، وعُرفت هذه الترجمة تحت اسم *Liber trium fratrum*[٢٠٥]، وغالباً تحت اسم *Verba filiorum Moysi*[٢٠٦]، وتقترح القضية الثامنة عشرة من *Verba* لتثليث الزاوية حلاً يمكن اختصاره كما يلي، انظر الشكل رقم (١٦ ـ ٣)[٢٠٧]:

الشكل رقم (١٦ ـ ٣)

يتم الحصول على تثليث الزاوية الحادة ABG بـ «انحناء» الوتر ZE الممدد إلى ZH باتجاه ما (ويتم الحصول على هذا الوتر بربط النقطة Z، طرف الشعاع BZ العمودي على الخط المستقيم LA، بالنقطة E، تقاطع الخط المستقيم BG مع محيط الدائرة ذات الشعاع BD)، وبالإبقاء على النقطتين Z على محيط الدائرة وE على تقاطع BG ومحيط الدائرة، حتى تعادل القطعةُ ZQ المساوية لشعاع الدائرة القطعة TS على القاطع TE الناتج عن «الانحناء». وبرسم القطر MK الموازي لـ TE نحصل على الزاوية DBK وهي الثلث المطلوب للزاوية ABG.

هذا الحل الآلي هو من نفس النوعية لرسم محارية الدائرة التي استعملها روبرڤال[٢٠٨] (Roberval) للهدف عينه. ويطابق هذا الحل (مع فوارق تفصيلية طفيفة)، أول الحلول للموضوع عينه التي أعطاها الـ *Liber de triangulis* وهو مجهول المؤلف ومستوحى من كتاب

---

(٢٠٣) *Kitāb māʾkhūdhāt*، ترجمه ثابت بن قرة وشرحه النسوي؛ الترجمة والشرح كانا في أساس كتابة الطوسي.

(٢٠٤) انظر: Sir Thomas Little Heath, *A History of Greek Mathematics,* 2 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1921), reprinted (Oxford: Clarendon Press, 1960-1965), vol. 1, pp. 235-244.

(٢٠٥) حسب تسمية روجر بيكون (Roger Bacon) في كتابه: *Communia Mathematica*.

(٢٠٦) انظر: Clagett, ed.,*Archimedes in the Middle Ages,* vol. 1, pp. 223-367.

(٢٠٧) نهمل هنا البرهان الوارد في النص.

(٢٠٨) انظر الشرح المفصل الذي أعطاه كلاغيت، في: المصدر نفسه، مج ١، ص ٦٦٦ ـ ٦٦٨.

Liber philotegni لجوردانوس نموراريوس[٢٠٩]. في حل ثانٍ، مختلف عن الأول، اختار المؤلف أن «يحني» الخط المستقيم LN بتحريك النقطة L على خط الدائرة باتجاه Z وبالحفاظ على النقطة E عند تقاطع خط الدائرة والخط المستقيم BG، حتى تصل القطعة LO المساوية لشعاع الدائرة إلى الشعاع BZ؛ ويحصل هكذا على TSE القاطع عينه للحل الأول (الشكل رقم (١٦ ـ ٤)):

الشكل رقم (١٦ ـ ٤)

ولكن النص يشير بوضوح إلى أن أياً من الحلين الآليين لا يرضي المؤلف إطلاقاً[٢١٠]. ويفضل هذا الأخير عليهما حلاً هندسياً يقضي بالبناء المباشر للقاطع TSE حيث تعادل القطعة TS شعاع الدائرة، ذاكراً بهذا الخصوص القضية (٧، ١٩)، من الـ *Perspectiva*. لقد أظهر الناشر في هذا البناء المرتكز على المقاطع المخروطية تأثيراً **لبصريات** ابن الهيثم (Alhazen) مطابقاً لتقليد النص الذي نجده في **مخطوطات الكلية الملكية للفيزيائيين في** لندن *(Royal College of Physicians)*[٢١١]. هذا الواقع لا يدعو إلى العجب إذ إن ابن الهيثم كان مصلحاً حقيقياً في مجال البصريات الهندسية. لذلك لا بد من الإشارة هنا أيضاً إلى ضرورة العودة إلى مؤلف عربي أو إلى ترجمته. كما وتجدر الإشارة إلى أن الحل الثالث لهذه المسألة (تثليث الزاوية) قد أورده مؤلف كتاب *De triangulis*، الذي ادخل إلى الـ *editio princeps* من **أصول** إقليدس (البندقية، ١٤٨٢) (استناداً إلى شرح كمبانوس دو نوڤارا)، من دون ذكر الـ *Perspectiva*؛ وقد أصبح جزءاً متكاملاً من تعليم الهندسة[٢١٢].

لم يقتصر تأثير كتاب الـ *Verba filiorum* لبني موسى على عمل مؤلف *De triangulis* ولا على عمل روجر بيكون. فهذا التأثير ملموس بالقدر نفسه، مثلاً، في الجزء الهندسي من المخطوطة اللاتينية B ٧٣٧٧ من مكتبة باريس الوطنية (القرن الرابع عشر للميلاد) فيما يتعلق بمساحة دائرة أو مثلث، وفي الـ «Pseudo-Bradwardine»، أو في الـ *De inquisicione capacitatis figurarum* (القرنان الرابع عشر الخامس عشر للميلاد). وتجدر الإشارة خاصة

---

(٢٠٩) انظر: المصدر نفسه، مج ١، ص ٦٧٢ ـ ٦٧٧.
عن مؤلف الـ *De triangulis*، انظر الاستنتاجات، في: المصدر نفسه، مج ٤، ص ٢٥ ـ ٢٩، ومج ٥، ص٣٢٣ ـ ٣٢٤.

(٢١٠) ... mihi nequaquam sufficit dicta demonstratio, eo quod nihil in ea certum reperio,
(«لا يرضيني البرهان المعطى، إذ لا أجد فيه أي تأكيد»).

(٢١١) انظر: المصدر نفسه، مج ٤، ص ١٩ ـ ٢٠، ٢٥ ـ ٢٦ و٢٨ ـ ٢٩.

(٢١٢) انظر: المصدر نفسه، مج ١، ص ٦٧٨ ـ ٦٨١.

إلى تشابه النصوص بين الـ *Verba filiorum* (لبني موسى) والـ *Practica geometrie* لفيبوناتشي (العام ١٢٢٠م) فيما يختص بمساحة الدائرة، وبالصيغة الهيرونية (هيرون الإسكندري) لمساحة المثلث، ولمساحة المخروط أو الكرة، وللبحث عن وسطين دائمي التناسب بين كميتين معطاتين؛ وهذا التشابه يدل على مصادر عالم الرياضيات البيزي الكبير. ونلاحظ أيضاً، على سبيل المثال، ظهور الصيغة الهيرونية لمساحة المثلث تبعاً لأضلاعه(٢١٣) في مؤلفات كالـ *Artis metrice practice compilatio* لليونار دو كريمون (١٤٠٥م) من دون برهان، وفي كتاب الـ *Summa* للوقا باشيولي (Luca Pacioli) (حوالى ١٤٩٤م) مع برهان مستعار من فيبوناتشي، وفي علم الحساب التجاري الألماني ليوهانس ويدمان (Johannes Widmann) (العام ١٤٨٩م)، وكذلك أيضاً عند بيار دو لارامي (Pierre de la Ramée) (Petrus Ramus) (العام ١٥٨٩م) مع برهان شبيه ببرهان الـ *Verba filiorum* لبني موسى؛ ولا بد أيضاً من وجود هذه الصيغة عند عدة مؤلفين من القرن السادس عشر للميلاد.

لقد تعمدنا، في الاعتبارات الموجزة السابقة، إلقاء الضوء على دور الترجمات العربية لإقليدس وأرخميدس، في تقدم العلوم في القرون الوسطى. إن نهجنا هذا يجب ألا يوحي بأن الغرب، من خلال المؤلفات العربية، قد اكتفى بعقد روابط مع العلم اليوناني تتعدى تلك الروابط الواهية الموروثة من هندسة بويس. إن الاعتقاد باقتصار دور الترجمات على عقد هذا الارتباط لخطأ فادح، يؤدي إلى رؤية تشوه أعمال هؤلاء المترجمين، الذين حاولنا، فيما تقدم، فقط أن نلفت الانتباه إلى أهميتها وانتشارها. فإذا كان جيرار دو كريمون، الأكثر شهرة وأهمية من بين هؤلاء المترجمين، قد ساهم فعلاً بالتعريف بمؤلفات إقليدس وثيودوس وأرخميدس ومنلاوس وديوقليس، فإن الترجمات اللاتينية قد جعلت الغرب في القرون الوسطى يدرس على مؤلفات عدد أكبر من الكتاب والجامعين والمترجمين والمفسرين وخاصة المؤلفين العرب الأصيلين؛ نذكر من هؤلاء: أبناء موسى الثلاثة وأحمد بن يوسف وثابت بن قرة وابن عبد الباقي وأبو بكر الحسن والنيريزي والكندي - وهنا اقتصرنا من دون ترتيب على ذكر المؤلفين الذين كان لمؤلفاتهم تأثير مباشر على الهندسة، والذين قام بترجمة كتبهم جيرار دو كريمون. يبدو ملائماً، في هذا الإطار الذي ذكرنا منه بعض الملامح البارزة، إدخالُ مؤلفات مثل الـ *Liber de speculis comburentibus* والـ *Liber de aspectibus* (أو *Perspectiva*) لابن الهيثم (ومن المؤكد أن جيرار دو كريمون هو واضع الترجمة لأول هذه المؤلفات وربما للثاني وهما المؤلفان اللذان عرّفا الغرب في القرون الوسطى على القطوع المخروطية). ولقد استُكمل هذان المؤلفان بترجمة الـ *Liber de duabus lineis* بفضل جان دو باليرم (Jean de Palerme) وهو مقرب من البلاط الصقلي لفريديريك الثاني دو هوهنشتوفن (Frédéric II de Hohenstaufen)، حوالى ١٢٢٥م، ومن ثم بالترجمات التي قام بها غليوم دو

---

(٢١٣) المساحة = $[p(p-a)(p-b)(p-c)]^{\frac{1}{2}}$، (تمثل p نصف المحيط و a، b، c الأضلاع). ينسب البيروني الصيغة لأرخميدس وهي بالتأكيد سابقة لهيرون.

موربك (Guillaume de Moerbeke) (١٢٦٩م) لأرخميدس وأوطوقيوس، وفي نهاية القرن الثالث عشر للميلاد بالرسالة *Speculi Almukefi compositio*، المجهولة المؤلف. لم يعد ضرورياً تكرار أهمية هذه النصوص وارتباطها بمؤلفات مثل مؤلفات ويتلّو (١٢٧٠م) وجان فوزوريس (Jean Fusoris) (١٣٦٥ ـ ١٤٣٦م)، ومعاصره جيوفاني فونتانا (Giovanni Fontana)، أو جان مولر (ريجيومونتانوس) (Regiomontanus) (Jean Muller) (١٤٣٦ ـ ١٤٧٦م)، وكذلك تأثيرها على مؤلفات القرن السادس عشر للميلاد[٢١٤]. إن هذه المدرسة التي بدأت بحماس في القرن الثاني عشر للميلاد استمرت حتى الأزمنة الأكثر تقدماً للعلوم الغربية التي، وإن عن غير وعي غالباً، كانت متأثرة بها.

وينبغي التذكير بأن اهتمام القرون الوسطى بالهندسة، الذي اقتصر أولاً على تقارب مقتضب موروث عن بويس في إطار الرباعي (Quadriuium) بقي فيما بعد متصلاً اتصالاً وثيقاً بدراسة الفلسفة وليس باعتباره علماً رياضياً خاصاً. وفي ضوء هذه الملاحظة يمكننا أن نفهم لماذا لم تلق أفكار ومبادرات علماء الرياضيات العرب الهامة بخصوص «مصادرة إقليدس» أي صدى في العالم اللاتيني في القرون الوسطى[٢١٥].

خامساً: بدايات الجبر وتأثير العلوم العربية

حاولنا في المقاطع السابقة وصف الخطوط الرئيسية للإرث العربي في ميادين علم الحساب والهندسة في القرون الوسطى، ولم نأت سوى على ذكر التواصل الطويل لتعليم غربي تتموضع جذورُه في الترجمات اللاتينية للمؤلفات العربية خلال النهضة في القرن الثانيَ عشر للميلاد[٢١٦]. وفي حقل الجبر، هناك أمور جعلت اهتمام المؤرخين بمصادر وشهود انطلاقة الجبر في القرون الوسطى يتراجع إلى المرتبة الثانية[٢١٧] أو يقتصر على دراسات جزئية. من هذه الأمور الأعمال الجبرية الأصيلة التي لمعت فيها أعظم الأسماء في دنيا

---

(٢١٤) انظر: المصدر نفسه، مج ٤.

(٢١٥) نجد عرضاً وافياً يقدمه ج. أ. موردوخ (J. E. Murdoch) حول انتقال **أصول** إقليدس. انظر: «Euclid: Transmission of the *Elements*,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 4, pp. 437-459.

ونستطيع استكمال هذا العرض بالأعمال الحديثة المذكورة في دراستنا.

(٢١٦) اليوم أيضاً تدرس العمليات الحسابية الأساسية حسب طرق تعود لعلم الحساب التجاري الإيطالي من القرن الخامس عشر للميلاد، وهذا العلم متعلق بشكل واسع بطرق الحساب الهندي الموجودة في المؤلفات العربية. وحتى تاريخ قريب، كان جزء من الهندسة الإقليدسية، يشكل عنصراً مهماً في التعليم الثانوي في معظم البلاد الأوروبية: ولقد كشفنا عن أصوله العائدة للقرون الوسطى.

(٢١٧) لم تلق التجاوب دائماً النداءات المتكررة من رواد أمثال بول تانيري (Paul Tannery) أو جورج سارتون (George Sarton).

العلوم الغربية منذ بداية العصر الحديث، والاهتمام المحدود لمؤرخي العلوم بمصادر القرون الوسطى، والاكتشاف المتأخر الذي كان غالباً قريب العهد للأعمال العربية الأصيلة التي تفوق كثيراً الأعمال اللاتينية الغربية المعاصرة لها. لذلك فقد كان يقتصر الأمر غالباً ومن دون أي تعليق آخر، على أن اسم «الجبر» نفسه ناتج عن مؤلف للخوارزمي، وكان يُذكر أيضاً وجود أول ظهور في الغرب لتأثير السبّاق اليوناني العبقري ديوفنطس الإسكندري، في مؤلف ليوناردو فيبوناتشي منذ العام ١٢٠٢م: إنه تأكيد صحيح، من دون شك، ولكنه خطير ذلك لأنه يحجب تحديد الوسيط العربي الضروري(٢١٨). لذلك فليس من المستغرب أن ترانا نجهد هنا لتحديد محتوى المؤلفات اللاتينية القديمة، عساها تكشف عن مصادرها ولو بشكل جد جزئي.

لقد اكتشف الغرب، قبل منتصف القرن الثاني عشر للميلاد بقليل، كيف يمكننا، بواسطة «الجبر»، حل معادلة من الدرجة الثانية محولة إلى شكل **قانوني** (أي بتحويل أول معاملاتها إلى الواحد) وبالاحتفاظ في كل من طرفيها **بالحدود** الإيجابية فحسب، وذلك بإضافة كمية معينة إلى كلا الطرفين، وكيف يتمُ اختزال الأعداد المتشابهة بواسطة «المقابلة». هذه الوسيلة هي ما يدعو إليها الجزء الأول من **الكتاب الموجز في الجبر والمقابلة**(٢١٩) الذائع الصيت للخوارزمي؛ ولحسن الحظ وصلنا نصه العربي، عكس ما حصل لمؤلفي **علم الحساب** للمؤلف عينه. ولقد برهنا أنه من المحتمل جداً أن يكون المعلم يوحنا (Magister Iohannes) يوحنا الطليطلي مساعد ابن داود (Avendauth)، وليس المترجم اللاتيني المعروف يوحنا الإشبيلي (Iohannes Hispalensis) - كما تشير فقط مخطوطة باريس ٧٣٥٩ الشديدة التلف - هو من كتب الـ *Liber Alchorismi de pratica arismetice (LA)*. وهذا الكتاب الأخير هو الأفضل إعداداً والأكثر كمالاً من جميع المؤلفات القديمة الصادرة عن علم حساب الخوارزمي. ولكننا لا نعلم إلا القليل عن الفقرات التي لا تحمل أي عنوان والتي تلي القسم المتعلق بالحساب الهندي في المؤلف نفسه(٢٢٠). نجد في هذه الفقرات أفكاراً عن

---

(٢١٨) وردت هكذا في التركيب الممتاز لِ: G. Beaujouan, «La Science dans l'occident médiéval chrétien,» dans: R. Arnaldez, [et al.], *La Science antique et médiévale des origines à 1450,* histoire générale des sciences; 1 (Paris: Presses universitaires de France, 1966), p. 598.

عن معرفة النص الإغريقي لديوفنطس في الغرب، انظر:

André Allard, «La Tradition du texte grec des *Arithmétiques* de Diophante d'Alexandrie,» *Revue d'histoire des textes,* vols. 12-13 (1982-1983), pp. 57-137.

(٢١٩) **كتاب المختصر في حساب الجبر والمقابلة**. وعن المعنى الحقيقي لهذا المؤلف، انظر: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* pp. 17-29.

(٢٢٠) انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Iohannis Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice,* vol. 2, pp. 93-136.

عدة مخطوطات استعملناها لكي ننجز الطبعة المحققة عن فصول الحساب الهندي، لا تحتوي على هذا الجزء.

الأعداد الصحيحة، وعن الكسور والنسب، ناتجة عن علم الحساب اللاتيني التقليدي، وعدة مسائل في علم الحساب التطبيقي، وحتى إننا نجد ـ ولكن مرة أخرى، فقط في مخطوطة باريس ٧٣٥٩ ـ مربعاً سحرياً[٢٢١]. وتدل التحديدات عينها على أن المؤلف استعمل الحساب الهندي الذي سبق هذه الفقرات[٢٢٢]. لكننا نجد على الأخص تحت عنوان *Exceptiones de libro qui dicitur gebla et mucabala*[٢٢٣]، فصلاً قصيراً تضمن وصفاً لمعادلات الخوارزمي ثلاثية الحدود محوّلة إلى شكلها القانوني[٢٢٤] ومتبعة بتطبيقات عددية.

نعلم منذ العام ١٩١٥ أن روبير دو شستر (Robert de Chester) (Robert de Rétines) قد حقق ترجمة لـ جبر الخوارزمي[٢٢٥]، في العام ١١٤٥م، من دون شك، بعد فترة وجيزة من اعتزاله مؤقتاً العمل العلمي للتفرغ لإنجاز أول ترجمة لاتينية لـ **القرآن الكريم** (العام ١١٤١ ـ ١١٤٣م) تلبية لطلب بطرس الموقر (Pierre le Vénérable). ومن الصعب منح ثقة من دون تحفظ لصيغة النص المنشورة باسمه والمستندة بشكل شبه حصري إلى مخطوطة نسخها عالم الرياضيات الألماني يوهان شوبل (Johan Scheubel) في القرن السادس عشر للميلاد (هي ترميم عائد لشوبل نفسه). وهذا الأخير أضاف إلى النص عدة حسابات، واستبدل بعض التعابير الأصلية بتعابير أكثر تداولاً في زمانه («*census*» بدل «*substantia*»)؛ فلا يسعنا سوى أن ننسب إليه عدة مقاطع غير موجودة لا في النسخات اللاتينية الأخرى ولا في النص العربي[٢٢٦]. ومن جهة

---

(٢٢١) استعاده: M. A. Youschkevitch, *Geschichte der Mathematik in Mittelalter* (Leipzig: [n. pb.], 1964), p. 342; traduction allemande d'un ouvrage paru en russe (Moscou: [s. n.], 1961). مصداقية هذا المربع السحري تدعو للريبة الشديدة. إلى الآن، لا تتيح لنا الأعمال التي باشرنا، عن هذا الجزء من النص بإعادة بناء تاريخه.

(٢٢٢) مثل التحديد «unitas est origo et pars numeri» وهو مختلف عن تحديد الترجمات اللاتينية لإقليدس. انظر الهامش رقم (٧١).

(٢٢٣) وليس «gleba mutabilia» كما تُذكر بتضخيم مخطوطة باريس التي قام الناشر بنقلها. ولا مجال أيضاً للبحث عن معنى في تتمة النص المنشور: «queres» («سوف تبحث») بدلاً من «que res» («أي مربع»)، و«tocius» («من المجموع») بدلاً من «tociens» («عدد من المرات»)... الخ. وسنذكر كملاحظة بعض المختارات المعادة بواسطة مخطوطات الـ *LA* وسنأتي على ذكر النص نفسه كالصيغة الأولى، (Version I).

(٢٢٤) Aut que res cum tociens radice sua efficiat numerum (أي $x^2 + px = q$)؛ aut que res cum tali numero efficiat tociens radicem (أي $x^2 + q = px$)؛ aut que tociens radix cum tali numero efficiat rem (أي $x^2 = px + q$).

(٢٢٥) انظر: Muhammad Ibn Mūsā Al-khuwārizmī, *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of al-Khowarizmi,* edited by Louis Charles Karpinski, Contributions to the History of Science; pt. 1 (New York: Macmillan, 1915), المذكورة هنا كالنسخة الثانية.

(٢٢٦) انظر: المصدر نفسه، ص ٨٨ ـ ٨٩، وهامش رقم (٢).

أخرى، منذ ملاحظات بجورنبو (Björnbo)[٢٢٧]، اتُّفق على الاعتراف بجيرار دو كريمون كمؤلف للنسخة الثالثة المنشورة في العام ١٨٣٨م[٢٢٨]؛ واعتُبرت تنقيحاً نسخة منسوبة للمترجم عينه ومنشورة في العام ١٨٥١[٢٢٩]: يبدو واضحاً أن النص المفضل هو المترجم عن العربية، خلافاً للنص الذي أتى من بعده[٢٣٠].

وإذا اعتبرنا على سبيل الافتراض أن الـ *Liber Alchorismi* ليوحنا الطليطلي يشكل مجموعة متجانسة يمثل الحساب الهندي الجزء الأول منها، فإن مقطع الجبر من دون شك معاصر لترجمة روبير دو شستر ويمثل معها الظاهرة اللاتينية الأولى لمؤلف الخوارزمي، والتي أزاحتها بعد وقت قصير ترجمة جيرار دو كريمون. وفي غياب دراسة وافية عن هذه الصيغ الثلاث وعن علاقاتها بالنص العربي يمكننا فقط الإشارة إلى أن الصيغة الأولى، على الرغم من قصرها، تبتعد بصورة ملحوظة عن النص العربي وعن الصيغتين الثانية والثالثة[٢٣١]. ففي المثل المرافق للمعادلة الثانية (القانونية) $(x^2 + q = px)$، نلاحظ أنه تمّ في الصيغتين الثانية والثالثة حلُ المعادلة بالعبارة التالية:

$$x = \frac{p}{2} \pm \left[\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q\right]^{\frac{1}{2}} \text{، عند كون } \left(\frac{p}{2}\right)^2 > q$$

ولقد طُبقت هذه العبارة في المثل الذي اختارته الصيغة الثانية والثالثة وكذلك النص العربي:

---

(٢٢٧) انظر: Björnbo, «Gerhard von Cremonas Übersetzung von Alkhwarizmis Algebra und von Euklids Elementen,» pp. 239-241.

(٢٢٨) انظر: Libri, *Histoire des sciences mathématiques en Italie: Depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix - septième siècle,* vol. 1, pp. 412-435.

هذا النص مذكور كالصيغة الثالثة.

(٢٢٩) Baldassare Boncompagni - Ludovisi, «Della vita e delle opere di Gherardo Cremonese,» *Atti della Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei* (1851), pp. 412-435.

(٢٣٠) يستحق السؤال تفحصاً جديداً سنقوم به في طبعتنا المحققة (قيد التحضير) عن جبر الخوارزمي: النسخة الثالثة محتواة، على الأقل، في ثلاث عشرة مخطوطة لاتينية يجهلها الناشر، بالإضافة إلى بعض المخطوطات بلغات محلية، تظهر نجاح المؤلف. بالمقابل، نحن لا نعرف إلا مخطوطة واحدة غير مخطوطة الناشر تحتوي على الصيغة التي نشرها بونكومباني (Boncompagni).

(٢٣١) نلاحظ تباعداً في المصطلحات نفسها لدى المترجمين: فلقد عُبر عن المربع (māl) بـ «res» (النص الأول) وبـ «substantia» (النص الثاني) و «census» (النص الثالث وتنقيحه). وعُبر عن جذر المربع بـ «radix» (النصوص الأولى والثانية والثالثة)، وبـ «radix» أو «res» (تنقيح النص الثالث)؛ وعبر عن معظم الوحدات (درهم) بـ «numerus» (النص الأول) وبـ «drachmae» (النصان الثاني والثالث) وبـ «dragmae» أو «unitates» (تنقيح النص الثالث). قد نتوقع أن تكون كلمة «res» من النص الأول ترجمة لكلمة شيء للخوارزمي للتعبير عن كمية مجهولة، وأن تكون كلمة «numerus»، التي أعطاها بعض علماء الجبر اللاتين فيما بعد دور التعبير الديوفنطسي «res» (شيء) للدلالة على كمية مجهولة، ترجمة أقل أمانة من كلمة «dragmae».

$x^2 + 21 = 10x$، وتؤدي إلى الجذرين: $x = 3$ و$x = 7$. ولكن الصيغة الأولى تنفرد بتقديم المثل التالي (بجذر وحيد) ومن دون أي تعليق:

$x^2 + 9 = 6x$، وفيه $q = (\frac{p}{2})^2$، والذي يظهر في جبر ابن ترك، المعاصر للخوارزمي، ولكن ليس عند هذا الأخير، على الرغم من مطابقته فعلياً للحالة العامة الواردة في النص العربي للخوارزمي: «فجذر المال مثل نصف الأجذار سواء لا زيادة ولا نقصان»؛ إننا نجد هذه الحالة العامة مترجمة بتعابير خاصة في كل من الصيغتين الثانية والثالثة(٢٣٢). وقد حدد فيبوناتشي عام ١٢٠٢م نفس المفهوم(٢٣٣).

في الأزمنة التي تلت أولى الترجمات اللاتينية، تلقى العلميون بتفاوتٍ درس الجبر للخوارزمي الذي اختلف وقع تأثيره. فقد عرض جوردانوس نموراريوس في كتابه *De numeris datis* (بداية القرن الثالث عشر للميلاد) (القضية IV، ٨ و٩ و١٠) بشكل وبأمثلة خاصة به، المعادلات الثلاث، ثلاثية الحدود والمحولة إلى شكلها «القانوني»(٢٣٤). ويسترجع

---

(٢٣٢) انظر: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, p.23.

نقتبس عن رشدي راشد ترجمة نص النشرة الحديثة لعلي.م. مشرفة ومحمد.م. أحمد: وليس بتصرفنا سوى النشرة القديمة لـ: F. Rosen, *The Algebra of Mohammed ben Musa* (London: [n.pb.], 1831)

إن النص المقترح للصيغة الثانية هو نص طبعتنا المحققة والتي هي قيد التحضير. انظر: Al-Khuwārīzmī, *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of al-Khowarizmi*, p. 76.

وبعكس كاربنسكي (Karpinski)، نعتبر أن المقاطع التي توجد بين أقواس مستقيمة ([....]) كتدخلات لشوبل (Scheubel) متعددة المصادر. انظر: Barnabas B. Hughes, «Johann Scheubel's Revision of Jordanus de Nemore's *De numeris datis:* An Analysis of an Unpublished Manuscript,» *Isis*, vol. 63, no. 217 (June 1972), pp. 224-225.

وتستلفتنا في طريقنا نوعية ترجمة جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone) (الصيغة الثالثة).

الصيغة الثانية: Una radix substantiae simul etiam medietas radicum [quae cum substantia sunt] pronunciatur, adiectione simul et diminutione abiectis («نصرح بجذر واحد للمربع، هو في الوقت عينه نصف الجذور [التي ترافق المربع]، نابذين في آن واحد الزيادة والنقصان»).

الصيغة الثالثة: Tum radix census est equalis medietati radicum absque augmento et diminutione («إذا ذاك، يعادل جذر المربع نصف الجذور، بعيداً عن كل زيادة ونقصان»).

الصيغة الثالثة المعدلة: Erit radix census equa dimidiis radicibus («جذر المربع سيعادل الجذور مقسومة على اثنين»). عن مثل ابن ترك، انظر: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, vol. 5: *Mathematik*, p. 242.

(٢٣٣) Habebitur proradice census numerus medietatis radicum («سيكون لدينا جذر للمربع هو العدد المعادل لنصف الجذور»). انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi*, vol. 1, p. 406.

(٢٣٤) انظر: Barnabas B. Hughes, *Jordanus de Nemore: De Numeris Datis* (Berkeley; Calif.; =

فيبوناتشي في كتابه *Liber abaci* (عام ١٢٠٢م) العرض الكامل للمعادلات الثلاث ثنائية الحدود، وللمعادلات الثلاث ثلاثية الحدود مصحوباً ببراهين عربية بواسطة تعادُل المساحات[٢٣٥] وبأمثلة عديدة أصيلة أحياناً. ويُدل التعبير نفسه للعنوان *secundum modum algebre et almuchabale* بوضوح على المصدر[٢٣٦]. على أثر هذين المؤلفين اللذين يشكلان بدرجات متفاوتة ركيزة تعلُّم الجبر في الغرب، يعيد جميعُ مؤلفي القرون الوسطى وعصر النهضة، والذين لا مجال لذكرهم هنا، الفكرة نفسها، ولكن أحياناً مع تقسيمات تفصيلية دقيقة وصلت إلى أقصاها مع بييرو دلاّ فرنشيسكا (Piero della Francesca) (حوالى ١٤١٠ ـ ١٤٩٢م) حيث نجد واحداً وستين صنفاً من المعادلات[٢٣٧].

وقد نعجب لعدم الترجمة، في القرن الثاني عشر للميلاد، لكل من الجز الثاني من جبر الخوارزمي المكرس لحساب المساحات بغاية المسح، والجزء الثالث المكرس لمسائل تتعلق بالإرث أو بالوصايا وتعالج عرضاً بعض مسائل التحليل الديوفنطسي. ولربما لم يعكس النصُ العربي الذي كان بتصرف المترجمين اللاتين سوى الجبر؛ فلقد رأينا، بالإضافة إلى ذلك، أنه لم يكن ليوحنا الطليطلي سوى رؤية مشوهة عن مؤلف الخوارزمي. غير أنه في العام ١١٤٥م، وهي ربما السنة التي حقق فيها روبير دو شستر أول ترجمة لاتينية لـ الجبر، قام أفلاطون التيڤولي (Platon de Tivoli) بترجمة مؤلف مكتوب بالعبرية العام ١١١٦م، وهو الـ *Liber embadorum* لأبراهام برحيا (Savasorda) والذي نعلمُ اليوم أن مصادره (على الأقل جزئياً) عربية، وهو شكل موسع للجزء الثاني من جبر الخوارزمي[٢٣٨]. في الربع الثالث من القرن الثاني عشر للميلاد ترجم جيرار دو كريمون مؤلفاً من الطبيعة نفسها عائداً لمؤلفٍ عربي غامض الهوية (أبي بكر) تحت اسم *Liber mensurationum*[٢٣٩]. ولقد جاءت ترجمةُ مؤلف رابع وهو جبر أبي كامل (حوالى ٨٥٠ ـ ٩٣٠م) لعلوم القرون الوسطى، بتتمةٍ لمؤلف الخوارزمي، خاصة عند إعطائها دراسة أفضل عن الأعداد المنطّقة الإيجابية؛ ولا يمكننا تحديد واضع الترجمة، ولكن هذه الأخيرة نُفذت، في أقصى حد، في نهاية القرن الثاني عشر للميلاد[٢٤٠].

ولئن كانت أوائل الشهود اللاتينية عن الجبر في القرون الوسطى معروفة نسبياً، ولئن

= Los Angeles: [n. pb.], 1981), pp. 100-101.

طبق جوردانوس (Jordanus) مثلاً الصنف الثاني من المعادلات ثلاثية الحدود (للخوارزمي) عند حله للمعادلة: $x^2 + 8 = 6x$.

(٢٣٥) تتطابق في حالة مع برهان الخوارزمي وفي الحالات الأخرى مع براهين أبي كامل.

(٢٣٦) انظر: Boncompagni-Ludovisi, Ibid., vol. 1, pp. 406-409.

(٢٣٧) انظر: Gino Arrighi, *Trattato d'Aritmetica,* Testimonianze di storia della scienza; II (Pisa: Domus Galilaeana, 1964), pp. 85-91.

(٢٣٨) انظر: H. L. L. Busard, «L'Algèbre au moyen âge: Le *Liber mensurationum* d'Abū Bekr,» *Journal des savants* (1968), pp. 65-124.

(٢٣٩) المصدر نفسه، ص ٨٦ ـ ١٢٤.

(٢٤٠) Louis Charles Karpinski, «The Algebra of Abū Kāmil Shoja' ben Aslam,» =

كان تأويلها لا يطرح سوى مسائل قليلة الأهمية فيما يتعلق بالنصوص العربية، مصدر هذه الشهود، إلا أن الأمر يختلف بمجرد اقترابنا من بداية القرن الثالث عشر للميلاد، وذلك من بعد الترجمات المذكورة بما يقارب الأربعين أو الخمسين عاماً. وهناك عملان هيمنا، في تلك الحقبة مع تفاوت في الأهمية: الـ *De numeris datis* لجوردانوس نموراريوس والمجموعة الرياضية التي يشكلها كتاب *Liber abaci* لليوناردو فيبوناتشي (العام ١٢٠٢م، المراجع العام ١٢٢٨م). وتُطرح هنا مسألةُ المصادر العربية بشكل حاد؛ ولا يمكن لبعض العناصر التي سنعرض فيما يلي الادعاء بإيضاح كامل لمسألة قد تستحق أن تكون موضوع أبحاث عديدة.

لقد أوضحنا سابقاً أن النسخة العربية ـ اللاتينية عن إقليدس لكمبانوس دو نوڤارا قد استوحت جزئياً كتاب الحساب لجوردانوس نموراريوس وكتاب *Liber de triangulis* لنموراريوس المزعوم. وعلى العكس، فإننا لا نرى بمثل هذا الوضوح، الروابط التي قد تستطيع وصل مؤلفات نموراريوس وفيبوناتشي. فنلاحظ مثلاً أن المسألة:

$$x + y = 10 \quad ; \quad \frac{x}{y} = 4$$

تظهر في وقت واحد في الصيغتين اللاتينيتين الثانية والثالثة للخوارزمي[(٢٤١)]، وعند أبي كامل (نهاية ظهر الورقة ٢٢ وبداية وجه الورقة ٢٣ من النص العربي)، وفي الـ *De numeris datis* (المسألة I، ١٩)[(٢٤٢)]، بينما يعبر فيبوناتشي عن المسألة عينها على الشكل:

$$x + y = 10$$
$$xy = \frac{x^2}{4}$$ [(٢٤٣)]

وتوحي بعض الأمثلة بأن جوردانوس استلهم أبي كامل، على عكس ما أعلن ناشر *De*

Bibliotheca Mathematica, vol. 3, no. 12 (1911-1912), pp. 40-55. =

عن محتوى مؤلف أبي كامل، انظر: M. A. Youschkevitch, *Les Mathématiques arabes* VIII^{ème} - XV^{ème} siècles, traduit par M. Cazenave et K. Jaouiche (Paris: Vrin, 1976), pp. 52 sq., and Martin Levey, *The Algebra of Abū Kāmil: Kitāb fi al-jabr wa'l-mūqābala* (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1966).

ولغاية الآن لم تبرهن فرضية جورج سارتون التي تنسب الترجمة لجيرار دو كريمون، انظر: George Sarton, *Introduction to the History of Science,* Carnegie Institution of Washington; Publication no. 376, 3 vols. in 5 (Baltimore, Mad.: Carnegie Institution of Washington, 1927-1931), vol. 2, p. 341.

(٢٤١) Al-Khuwārizmī, *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of al-Khowarizmi,* pp. 105-106, and Libri, *Histoire des sciences mathématiques en Italie: Depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle,* vol. 1, p. 276.

(٢٤٢) انظر: Hughes, *Jordanus de Nemore: De Numeris Datis,* p. 64.

(٢٤٣) انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi,* vol. 1, p. 410.

numeris datis[٢٤٤]. هكذا، تظهر المسألة:

$$x + y = 10$$

$$x^2 - y^2 = 80$$

عند جوردانوس (I، ٢٤)[٢٤٥] كما تظهر عند أبي كامل (الورقة ٢٥ من النص العربي)؛ ولكنها لا تظهر في الترجمات اللاتينية للخوارزمي، ولا في الـ *Liber abaci* حيث نجد:

$$x + y = 10$$

$$x^2 - y^2 = 40$$ [٢٤٦]

وانطلاقاً من المسألتين II، ٢٧ ـ ٢٨ فحسب، من جوردانوس، وهما مسألتان تقابلان مسألة ديوفنطسية (الحساب لديوفنطس، I، ٢٥)؛ أوحى فِرتهايم (Wertheim) بتأثير للكرجي[٢٤٧]. وسنرى أن المسألة نفسها تُطرح بجدية أكثر فيما يتعلق بمؤلف *Liber abaci* الذي يحتوي، هو أيضاً، المسائل عينها التي عرضها جوردانوس[٢٤٨]؛ يبدو حرياً أنه يمكننا الاستناد مرة أخرى هنا إلى مؤلف أبي كامل. فمن الصعب الاقتناع بأن مؤلف الكرجي المهم (القرن العاشر ـ الحادي عشر للميلاد)، والذي خلافاً لمؤلف أسلافه يقدم نظرية من الحساب الجبري ويؤدي إلى أول عرضٍ لجبر الحدوديات، لم يُستوعب إلا من أجل الحصول منه على مثلين هما مستوحيين من ديوفنطس[٢٤٩]. إن كتاب *De numeris datis* يمثلُ مؤلفاً بسيطاً قياساً إلى المجموعة الرياضية لفيبوناتشي. غير أن يوهان شوبل في القرن السادس عشر للميلاد رأى من المفيد مراجعته في ضوء مؤلفات أفضل إعداداً، ربما كان من بينها كتاب *Ars Magna* لجيروم كاردان (Jérôme Cardan) (١٥٠١ ـ ١٥٧٦م) الذي وصف للمرة الأولى في الغرب، الحلول العامة للمعادلات التكعيبية[٢٥٠]. ولكي نحدد بدقة أكثر

---

(٢٤٤) Hughes, Ibid., p. 12.

(٢٤٥) المصدر نفسه، ص ٦٢.

(٢٤٦) Al-Khuwārizmī, *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of al-Khowarizmi,* p. 111; Libri, *Histoire des sciences mathématiques en Italie: Depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle,* vol. 1, p. 279, et Boncompagni-Ludovisi, Ibid., vol. 1, p. 411.

(٢٤٧) انظر: G. Wertheim, «Über die Lösung einiger Aufgaben im *Tractatus de numeris datis* des Jordanus Nemorarius,» *Bibliotheca Mathematica,* vol. 3, no. 1 (1900), p. 417.

(٢٤٨) Boncompagni-Ludovisi, Ibid., vol. 1, p. 410.

(٢٤٩) عن مؤلف الكرخي، انظر: Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes,* pp. 31-41.

(٢٥٠) انظر: Hughes, «Johann Scheubel's Revision of Jordanus de Nemore's *De numeris datis:* An Analysis of an Unpublished Manuscript,» pp. 224-225.

التأثير الذي مارسته أعمالُ أبي كامل على مؤلفات نموراريوس وفيبوناتشي، علينا انتظار معرفة أفضل ليس فقط لكتابه الجبري، وإنما أيضاً للترجمة اللاتينية لكتابه **فن الحساب**(٢٥١) ولكتابه الذي يعرض فيه المعادلات الديوفنطسية بشكل أوسع بكثير مما هي عليه في المؤلف السابق.

ونحن بذكرنا لـ *De numeris datis* ولـ *Liber abaci* نعطي، من دون شك، صورة لا تخلو من التشويه عن الطريقة التي تلقّى بها الغرب اللاتيني قبل القرن الثالث عشر للميلاد إرث الجبر العربي. ذلك أن هذين العملين يعتبران من الإنجازات الأكثر نجاحاً في سلسلة الأعمال المتواضعة التي بدأها مترجمو القرن الثاني عشر للميلاد. وحتى الآن، لم نبذل سوى القليل من الجهد، بحثاً في النصوص اللاتينية عن دلائل الفترات الأولى لهذا التلقي. ولقد لحظنا، بخصوص الحساب الهندي، أن المخطوطة ١٥٤٦١ من باريس، والمنسوخة عن نموذج طليطلي، تتيح تحديد تاريخ كتاب *Liber Alchorismi (LA)* ليوحنا الطليطلي حوالى ١١٤٣م. وتحتوي المخطوطة عينها على رسالة في علم الحساب مجهولة الكاتب ينسجم عنوانها مع التقليد المتبع في مؤلفات القرون الوسطى ويدل محتواها على مصادرها العربية(٢٥٢). وهذه الرسالة موجودة أيضاً ضمن المخطوطة A ٧٣٧٧ من باريس التي تشكل إلى يومنا المصدر الوحيد للترجمة اللاتينية **لجبر** أبي كامل(٢٥٣). وسنقدم فيما يلي، مثلاً مأخوذاً من هذه الرسالة للدلالة على نوعية الاستيعاب وعلى سوء فهم الدروس العربية في بدايات اكتشافها. فعند محاولة الكاتب أن يبرهن «قاعدة التبديل» في ضرب أعدادٍ أربعة a، b، g و d، يضع:

$$ab = h \text{ ؛ } gd = z \text{ ؛ } ag = k \text{ ؛ } bd = t$$

ويحاول أن يبرهن أن:

$$hz = kt$$

فيذكر أولاً الخاصيتين التاليتين:

$$(a + d)b = h + t$$

$$(a + d)g = k + z$$

ويحصل، مستعملاً القضية (VII، ١٨) من الصيغة العربية لإقليدس على:

$$\frac{t}{h} = \frac{d}{a} \quad \text{و} \quad \frac{z}{k} = \frac{d}{a}$$

(٢٥١) باشرنا بالطبعة المحققة للترجمة اللاتينية مجهولة الكاتب لـ **كتاب الطرائف في الحساب**.

(٢٥٢) Omnium que sunt alia sunt ex artificio hominis, alia non... («بعض من جميع الأشياء الموجودة عائد لعبقرية الإنسان أما البعض الآخر فلا...»).

(٢٥٣) طبعتنا المحققة لهذه الرسالة قيد النشر.

وتتيح له القضية (VII، ١٩) من صيغة إقليدس هذه برهان قضيته. ومن ثم يقترح المؤلف المجهول، مستشهداً، صراحة «بالقسم الثالث من جبر أبي كامل»[٢٥٤]، برهاناً ثانياً باستعماله الخاصية:

$$\frac{h.z}{t} = k$$

ويبرهن قضيته. بعد ذلك. متسلحاً بعلمه الجديد ومعتقداً إكمال مصدره «ببرهان أفضل»[٢٥٥]، يضع المؤلف:

$$\frac{a}{b} = g \text{؛ و} \frac{d}{h} = z \text{؛ و} a.d = k \text{؛ و } b.h = t \text{؛ و } g.z = q$$

وبفضل برهان طويل «شبه علمي» يصل إلى أن $q = \frac{k}{t}$.

إن هذا المثل (وهو ليس الوحيد) يدل على أن الغرب الذي واجه تقلبات في القرون الوسطى، آثارها، في أوقات متقاربة، إسهامُ المؤلفات العربية في حقول الحساب الهندي والهندسة الإقليدسية والجبر، قد مر بفترة استيعاب صعبة.

ولا شك بأن كتاب *Liber abaci*، يتفوق كثيراً على المؤلفات الغربية المذكورة إلى الآن. ومن غير المفيد ذكر الدور الرئيس الذي لعبه فيبوناتشي في تطور العلوم في الغرب؛ فمنذ كوسالي (Cossali) (العام ١٧٩٧م)، وبعد فترة طويلة من النسيان، لم يتوقف تكرار التذكير بهذا الدور. وقد أشارت مؤلفات كثيرة إلى استعارات فيبوناتشي العديدة من المصادر العربية[٢٥٦]. وبين هذه الأخيرة يظهر بانتظام الخوارزمي وأبو كامل والكرجي. وطالما أن المؤلف نفسه قد صرح عن وجوده في أماكن عديدة، كمصر وسوريا وبيزنطية وصقلية والبروفانس (Provence) وإيطاليا[٢٥٧]، نستطيع الافتراض أن مصادر معلوماته، بصرف النظر عن النصوص اللاتينية التي سبقتها، كانت عديدة ومتنوعة. ولكن، يبقى عالقاً الردُ على التساؤل المتعلق بمعرفة ما إذا كانت هذه المعلومات قد صيغت انطلاقاً من النصوص العربية الأصيلة أو من الترجمات اللاتينية. وقد كان بحوزة فيبوناتشي ترجمة لاتينية لـ جبر

(٢٥٤) Hoc etiam monstrabitur ex eo quod dixit Auoquamel in tercia parte libri gebleamugabala («وبرهان هذا أيضاً سيكون حسب ما قال أبو كامل في الجزء الثالث من كتابه الجبر والمقابلة»). وهذا، على ما يبدو، هو أول ذكر صريح في الغرب لمؤلف أبي كامل.

(٢٥٥) Inducam probationem de eo quod dixit Auoquamel multo faciliorem ea quam ipse posuit («سأدخل برهاناً لما قال أبو كامل، أسهل بكثير من البرهان الذي عرض»).

(٢٥٦) انظر: Kurt Vogel, *Ein Italienisches Rechenbuch aus dem 14. Jahrhundert (Columbia X 511 A 13)* (Munich: [n. pb.], 1977), p. 613.

(٢٥٧) انظر: Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi,* vol. 1, p. 1.

الخوارزمي حيث تدل المفردات المستعملة على أن هذه الترجمة هي لجيرار دو كريمون. فالكلمتان اللاتينيتان «regula» و«consideratio» اللتان تترجمان نفس العبارة العربية «قياس»، عند المؤلفين تظهران في الظروف ذاتها[٢٥٨]. ولا نجد في كتاب *Liber abaci* أي انعكاس لـ جبر الخوارزمي لم تدركه ترجمة جيرار دو كريمون الشديدة الأمانة. ودلت أيضاً دراسات ظرفية على تأثير جبر أبي كامل في مؤلف فيبوناتشي. فقد ذكر م. ليفي (M. Levey) تطابق تسع وعشرين مسألة في المؤلفين[٢٥٩]، ولكن لا توجد دراسة وافية حول هذا الموضوع. فإننا نجد، مثلاً، سلسلة أخرى من المسائل، يعطي فيها فيبوناتشي للكلمة العربية «مال» الترجمتين auere (امتلاك، مال) و *census* (مربع)، وهذا المعنى المزدوج صادر بما لا يقبل الجدل عن أبي كامل[٢٦٠]. ويصح القول نفسه في المسألة $(2\sqrt{x}+\sqrt{\frac{x}{2}}+\sqrt{\frac{x}{3}}=x)$[٢٦١]. فإذا قارنا نص كتاب *Liber abaci* بالنصين العربي واللاتيني لأبي كامل، نرى، على حدٍ سواء، الظهور الواضح للمصدر ولطريقة استخدامه:

«وإذا قلنا إن جذري شيء مع جذر نصفه مع جذر ثلثه تعادل الشيء، فكم يكون هذا الشيء؟ اجعل هذا الشيء مالاً، وقل إن شيئين مع جذر نصف المال مع جذر ثلث المال تعادل المال. إذاً، شيء يعادل اثنين مع جذر النصف مع جذر الثلث. وهذا هو جذر الشيء، والشيء هو أربعة ونصف وثلث، وجذر ثمانية، وجذر خمسة وثلث، وجذر الثلثين»[٢٦٢]. (تُرجم بتصرف عن الفرنسية (المترجم))، انظر الشكل رقم (١٦ ـ ٥).

«هناك شيء ما يعادله اثنان من جذوره وجذر نصفه وجذر ثلثه. ضع مربعاً مكان الشيء. وبما أن شيئين مع جذر نصفِ المربع مع جذر ثلث المربع تعادل مربعاً، ارسم المربع المذكور آنفاً *ac* وهو مربع، وجذرين من هذا المربع أي المساحة *dg*، وجذر نصف المربع أي المساحة *eh*، وجذر ثلث المربع أي المساحة *bf*. هكذا، تصبح *cg* اثنين، وتصير *eg* جذر نصف درهم (دراخم) و *be* جذر ثلث درهم. لذا فإن *bc* كاملة، وهو شيء، يُصبح اثنين مع جذر النصف مع جذر الثلث. اضرُب هذا الشيء بنفسه فتحصل على أربعة وخمسة

---

(٢٥٨) انظر بهذا الصدد: N. Miura, «The Algebra in the *Liber Abaci* of Leonardo Pisano,» *Historia Scientiarum,* vol. 21 (1981), p. 60.

(٢٥٩) انظر: Levey, *The Algebra of Abū Kāmil: Kitāb fī al-jabr wa'l-muqābala,* pp. 217-220.

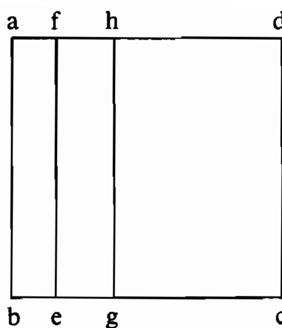
(٢٦٠) Boncompagni-Ludovisi, Ibid., vol. 1, pp. 442-445.

(٢٦١) Est quoddam auere cui due radices et radix medietatis eius et radix tercie eius sunt equales. Pone pro ipso auere censum...

انظر: المصدر نفسه، ص ٤٤٣، حيث النص الذي قام بنقله بونكومباني (Boncompagni) فيه الكثير من الغلط ولا يتيح لنا فهم المسألة المطروحة. لقد أنجزنا طبعة محققة لمؤلف *Liber abaci* انطلاقاً من دزينة المخطوطات المعروفة اليوم؛ ولكن، لنشر هذه الطبعة نحن بانتظار معرفةٍ أفضل بمصادر فيبوناتشي العربية وبالأخص بالأعمال الكاملة لأبي كامل.

(٢٦٢) انظر: أبو كامل، جبر، النص العربي، الورقة ٤٧ظ والنص اللاتيني، الورقة ٨٨ظ.

أسداس، وعلى جذر ثمانية وعلى جذر خمسة وثلث، وعلى جذر ثلثي درهم فيما يعود إلى كمية المربع، أي إلى الشيء المطلوب»[٢٦٣].



الشكل رقم (١٦ ـ ٥)

استعمل فيبوناتشي، ولو أنه لم يشر إلى ذلك، لحل المسألة المطروحة، المعرفة التي يمتلك عن صيغة إقليدس العربية (**الأصول**، II، ١). وهذا ما يميزه عن أبي كامل الذي مع ذلك، لا يمكن إنكار تأثيره فيما يتعلق بهذه المسألة كما بغيرها والذي لم تشكل إطلاقاً البراهين بالمساحات عنده سوى براهين إضافية. طريقة الحل هذه في كتاب *Liber abaci* على الرغم من كونها لم تطبق منهجياً، تُضعف جبر فيبوناتشي ذا التأثير الواضح في مؤلَّف *Quadripartitum numerorum* لجان دو مور (Jean de Murs) (النصف الأول من القرن الرابع عشر للميلاد)، الواسع الاستعمال من قبل ريجيومونتانوس (Regiomontanus)[٢٦٤]. وفي الوضع الراهن للمعارف، غالباً ما تبدو صعبة معرفة ما هو عائد خاصة لعمل فيبوناتشي ولإسهام مصادره العربية. فلقد كان حل المعادلات العددية يفترضُ الإمساك بناصية الخوارزميات التي تتيح استخراج الجذور العددية. فقبل الدلالة بأمثلة عديدة عن كيفية استخراج جذر تكعيبي بطريقة تقابل الصيغة:

$$\sqrt[3]{a^3 + r} = a + \frac{r}{3a(a+1)+1}$$

يدعي فيبوناتشي اكتشافها[٢٦٥]. ولكن هذه الصيغة ليست سوى «تقريب اصطلاحي» حسب تعبير الطوسي (النصف الثاني من القرن الثاني عشر للميلاد)؛ وهذه الصيغة معروفة على الأقل منذ أيام أبي منصور (ت ١٠٣٧م) وتختلف عن التقريب:

$$\sqrt[3]{a^3 + r} = a + \frac{r}{3a^2+1} \; .$$

والتقريب الأخير هذا، استخدمه كوشيار بن لبّان (العام ١٠٠٠م) وكذلك تلميذه النسوي (القرن الحادي عشر للميلاد)[٢٦٦]. فهل أعاد فيبوناتشي فعلاً اكتشاف تقريب

(٢٦٣) انظر: فيبوناتشي، طبعة جديدة مفسرة لكتاب *Liber abaci*.

(٢٦٤) انظر: G. l'Huillier, «Regiomontanus et le *Quadripartitum Numerorum* de Jean de Murs,» *Revue d'histoire des sciences*, vol. 33, no. 3 (1980), pp. 201-206.

(٢٦٥) Inueni hunc modum reperiendi radices secundum quod inferius explicabo («لقد اكتشفت هذه الطريقة لإيجاد الجذور حسب ما سأشرح فيما بعد»). انظر: Boncompagni-Ludovisi, Ibid., vol. 1, p. 378.

(٢٦٦) عكس تأكيد يوشكفيتش (Youschkevitch)، انظر: Youschkevitch, *Geschichte der* =

استُعمل قبله أم أنه عكس فقط أحد مصادره العربية التي على كل حال لم يذكر أحدها صراحة في مؤلفه؟ قد لا نستطيع حالياً الإجابة عن هذا السؤال. ولكن، لنلحظ أن دراسات عرضية دلت على تشابه بين قضايا فيبوناتشي وقضايا المؤلفين العرب الذين سبقوه: وهذا ما ينطبق على مسألة «التطابقات الخطية» حيث إن حل فيبوناتشي ليس إلا اختصاراً للحل الموجود في إحدى الرسائل لابن الهيثم[٢٦٧]. ولكن الأمر المتفق عليه منذ وبكيه (Woepcke)[٢٦٨] والذي يؤكد أن فيبوناتشي استعمل بتوسُع كتاب **الفخري** للكرجي، يستحق الدراسة مجدداً في ضوء جبر أبي كامل، فيما يخص الـ *Liber abaci*. ولنسجل أن تحليل مؤلفات فيبوناتشي الأخرى والتي تحتوي على مسائل جبرية[٢٦٩] قد سجل تشابهات مع مؤلفات الكرجي والخيام[٢٧٠].

ولا يمكننا التفكير في أن نفصّل هنا تاريخاً من المعادلات الجبرية في الغرب في القرون الوسطى يمتد من أوائل الاكتشافات حيث يعود الفضل إلى جبر الخوارزمي، حتى الحلول العامة للمعادلات التربيعية والتكعيبية والتربيعية المضاعفة التي تظهر في الـ *Ars Magna* (العام ١٥٤٥م) لجيروم كاردان (Jérôme Cardan). فمؤلفات القرنين الثالث عشر والرابع عشر للميلاد التي قد تحتوي على معادلات تحتوي عبارات ذات قوة تفوق الاثنين، غير معروفة جيداً إلى الآن. ومعادلات من النوع:

$$ax^{n+2p} + bx^{n+p} = cx^n$$

عُرفت في مؤلفاتٍ من القرن الخامس عشر للميلاد مثل مؤلف *Triparty* لنيكولا شوكه (Nicolas Chuquet) (العام ١٤٨٤م)[٢٧١] أو كتاب *Summa* للوقا پاشيولي (Luca Pacioli) (العام ١٤٩٤م)[٢٧٢]، ومن ثم، وبشكلٍ خاص في عدة مؤلفات من القرن السادس

Mathematik in Mittelalter, p. 246, et Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, pp. 153-154, note (3), et Sharaf al-Dīn al-Ṭūsī, *Œuvres mathématiques: Algèbre et géométrie au XIIe siècle*, texte édité et traduit par Roshdi Rashed, 2 vols. (Paris: Les Belles lettres, 1986), pp. lxxx-lxxxiv.

(٢٦٧) انظر: Rashed, Ibid., p. 234, note (12).

(٢٦٨) انظر: Franz Woepcke, *Extrait du Fakhrī: Traité d'algèbre* (Paris: [s. n.], 1853), p. 29.

(٢٦٩) Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi*, vol. 2, pp. 227-279.

(٢٧٠) خاصة كل معادلة تكعيبية للخيام ($x^3 + 2x^2 + 10x = 20$) في الـ «Flos». انظر أيضاً اعتبارات راشد بصدد مقدِمة قيل إنها لفيبوناتشي (شرط لعدد طبيعي أولي)، قد حوَتها مؤلفات عربية سابقة).

(٢٧١) انظر: A. Marre, «Le Triparty en la science des nombres,» *Bulletino di bibliografica e di storia delle scienze matematiche e fisiche* (Roma), vol. 14 (1881), pp. 807-814.

المعادلة الأخيرة هي: $2x^{10} + 243 = 487x^5$.

(٢٧٢) انظر: L. Pacioli, *Summa de arithmetica, geometria proportioni e proportionalita*, 2 vols. (Venice: [n .pb.], 1494), p. 149r.

عشر[٢٧٣]. ولكن استخدام الغرب في القرون الوسطى للدروس الرياضية التي بدأت في القرن الثاني عشر للميلاد والفرصة المغتنمة بفضلها لتحقيق صلة مع إرث عائد غالباً إلى بيد الموقر (Bède le Vénérable) أو إلى ألكوين (Alcuin)، هما أمران لا نشعر بهما إلا من خلال الطريقة التي استعملها المؤلفون لمعالجة مسائل الحياة اليومية أو مسائل الرياضيات المسلية[٢٧٤]. فلقد أشرنا سابقاً إلى أن المعادلة الخطية ذات المجهولين:

$$x + y = 10$$

$$\frac{x}{y} = 4$$

المقابلة للمسألة I، ٢ من كتاب حساب ديوفنطس الإسكندري قد ظهرت عند الخوارزمي وأبي كامل كما ظهرت لاحقاً عند ليوناردو فيبوناتشي[٢٧٥] وجوردانوس نموراريوس. ويعرض فيبوناتشي صيغة أخرى للمسألة عينها حيث $\frac{2}{3} = \frac{x}{y}$، وهذه المسألة في الواقع تشبه المسألة نفسها التي وصفها الكرجي[٢٧٦]. وعلى الرغم من أننا لا نريد أن نجري هنا تحرياً وافياً عن هذه المسألة في مؤلفات القرون الوسطى، نذكر فقط أنها ظهرت بشكل أو بآخر في المؤلفات التالية:

ـ من القرن الرابع عشر، في: *Libro d'abaco* وهو مجهولُ المؤلف[٢٧٧]؛ و *Trattato d'aritmetica* لپاولو داغوماري (Paolo Dagomari)[٢٧٨]؛ ومقالة إيطالية مجهولةُ الكاتب في علم الحساب التجاري[٢٧٩]؛

---

(٢٧٣) انظر: Johannes Tropfke, *Geschichte der Elementar-mathematik in Systematischer Darstellung*, revised by K. Vogel, K. Reich and H. Gericke, 4th ed., 3 vols. (Berlin: Guyter, 1980), vol. 1: *Arithmetik und Algebra*, p. 442.

يمكننا أن نقرأ في: المصدر نفسه، ص ٤٤٣ ـ ٤٤٤، تحليلاً مفيداً لمخطوطة من ريجيومونتانوس (Regiomontanus).

(٢٧٤) انظر التحليل المنهجي في: المصدر نفسه، ص ٥١٣ ـ ٦٦٠.

(٢٧٥) برغم ظهورها مع العبارة الخاصة $xy = \frac{x^2}{4}$.

(٢٧٦) انظر: Woepcke, *Extrait du Fakhrī: Traité d'algèbre*, p. 92, et Boncompagni-Ludovisi, *Scritti di Leonardo Pisano. I: Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi*, vol. 1, p. 410.

ويمكن لأمثلة مكررة من هذا النوع أن تصبح برهاناً، مستقلاً عن المعادلات الديوفنطسية، على أن فيبوناتشي كان على علم بأعمال الكرخي.

(٢٧٧) انظر: Gino Arrighi, *Libro d'abaco. Dal Codice 1754 (sec. XIV) della Biblioteca St. di Lucca* (Lucca: [n. pb.], 1973), p. 112.

(٢٧٨) انظر: Arrighi, *Trattato d'aritmetica*, p. 58.

(٢٧٩) Vogel, *Ein Italienisches Rechenbuch aus dem 14. Jahrhundert (Columbia X 511 A 13)*, p. 24.

ـ من القرن الخامس عشر، في: *Algorismus Ratisbonensis*[(٢٨٠)] مع تنقيح له[(٢٨١)]؛ و *Trattato d'abaco* لبييرو دلا فرنشيسكا (Piero della Francesca)[(٢٨٢)]؛ و *Tractato d'abbacho* لبيير ماريا كالاندري (Pier Maria Calandri)[(٢٨٣)]؛ ومقالة مجهولة الكاتب في علم الحساب (حوالى ١٤٨٠م)[(٢٨٤)]؛ و *Triparty* لنيكولا شوكه[(٢٨٥)]؛ وعلم الحساب التجاري الألماني لجوهانس ويدمان (Johannes Widmann) (العام ١٤٨٩م)[(٢٨٦)]؛ وعلم الحساب الإيطالي لفرنشسكو بيللوس (Francesco Pellos) (العام ١٤٩٢م)[(٢٨٧)]؛

ـ من القرن السادس عشر، في: الـ *Summa* لفرنشسكو غاليغيه (Francesco Ghaligai) (العام ١٥٢١م)[(٢٨٨)]؛ والـ *Coss* لكريستوف رودولف (Christoff Rudolff) (العام ١٥٢٥م)[(٢٨٩)]؛ والـ *Coss* لآدم ريس (Adam Riese)[(٢٩٠)]؛ والـ *Practica arithmeticae* لجيروم كاردان (العام ١٥٣٩م)[(٢٩١)]؛ وعلم الحساب لنيكولو تارتاغليا (Niccolo Tartaglia) (العام ١٥٥٦م)[(٢٩٢)].

لم يستوعب مؤلفو القرون الوسطى على الإطلاق إلا ما شكّل، في التوسيعات والتطويرات المدهشة لخلفاء الخوارزمي، بداية الجبر. ولم يعتبر الغربُ هذا الجبر علماً

---

(٢٨٠) Kurt Vogel, *Die Practica des Algorismus Ratisbonensis,* Schriftenreihe zur Bayerischen Landesgeschite; Bd. 50 (München: Beck, 1954), p. 72.

(٢٨١) انظر: Maximillian Curtze, «Ein Beiträge zur Geschichte der Algebra in Deutschland im 15. Jahrhundert,» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik,* Bd. 7 (1895), p. 52.

(٢٨٢) انظر: Pietro di Benedettodei Franceshi, *Trattato d'abaco. Dal Codice Ashburnhamiano (359 - 391) della Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze,* introduction by Gino Arrighi, Testimonianze di storia della scienza; VI (Pisa: Domus Galilaeana, 1970), p. 92.

(٢٨٣) انظر: Gino Arrighi, *Trattato d'abaco. Dal Codice Acq. e doni 154 (sec. XV) della Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze,* Testimonianze di storia della scienza; VII (Pisa: Domus Galilaeana, 1974), p. 89.

(٢٨٤) انظر: H. E. Wappler, «Zur Geschichte der Deutschen Algebra im 15. Jahrhundert,» *Progr. Gymn. Zwickau* (1886-1887), p. 16.

(٢٨٥) انظر: Marre, «Le Triparty en la science des nombres,» p. 635.

(٢٨٦) الورقة ٣٧ر.

(٢٨٧) الورقة ٤٩ظ.

(٢٨٨) الورقة ٥٧ظ.

(٢٨٩) الورقة ٨ظ.

(٢٩٠) انظر: B. Berlet, *Adam Riese, sein Leben, seine Rechenbücher und seine Art zu Rechnen. Die Coss von Adam Riese* (Leipzig; Frankfurt: [n. pb.], 1892), p. 41.

(٢٩١) الفصل ٦٦، المسألة (٦٢).

(٢٩٢) الورقة ٢٦٦ر.

مستقلاً إلا مؤخراً وبقي مُدرجاً في القرون الوسطى في حل المسائل المتعلقة بعلم الحساب التجاري، خاصة في إيطاليا وألمانيا حيث عرف الاستعمال الأوسع له. ويفلت فيبوناتشي من حكمنا المقتضب هذا، على الرغم من أن مؤلفه لا يظهر سوى انعكاس عرضي للكرجي والخيام أو ابن الهيثم. ومع فرانسوا فيات (François Viète) (العام ١٥٤٠ ـ ١٦٠٣م) سوف تُرسى أسس جديدة للجبر تدفع بالعلوم الغربية إلى عصرها الحديث.

ـ ١٧ ـ

علم الموسيقى

جان كلود شابرييه(*)

أولاً: مدخل إلى علم الموسيقى عند العرب

منذ ظهور الإسلام وفكرة مقارنة التجارب الموسيقية المحلية الموروثة بنظريات موسيقى الشعوب المجاورة مثل الإغريق، والبيزنطيين، واللخميين في مملكة الحيرة، والساسانيين في إيران، تراود الباحثين والعلماء العرب. وقد تمت هذه المقارنة ـ على وجه الخصوص ـ بنظريات موسيقى الإغريق. وإذا كان ما لاحظوه في التقاليد والممارسات الموسيقية قد جذبهم إلى تغليب الأنظمة النظرية. فإن الكتب والرسائل التي حرروها في هذا المجال جاءت على عكس ذلك، أي أنهم استنبطوا من النظرية أساليب التطبيق.

ونجد عادة في هذه الأعمال:

١ ـ السلم النظري الأساسي للأصوات المتوفرة

وقد عمدوا في المكانة الأولى إلى محاولة طرح هذه الأصوات (النغمات) على زند العود، وفي بعض الحالات على زند الطنبور (وهو من الأعواد الطويلة الزند)، وفي حالات أخرى نادرة جداً على الربابة، مُعددين مواضع كل الأصوات (النغمات) الممكنة المتوفرة بدءاً من الأرخم إلى الأرفع، ومحددين أيضاً الأبعاد أو الفسحات (Intervalles) التي تكونها تلك الأصوات. ونلاحظ أن الأنظمة المقامية الإغريقية القديمة وُلدت على آلة القيثارة (الليرا)؛ بينما تولدت الأنظمة الموسيقية المقامية في الحضارة العربية الإسلامية على آلة العود.

(*) باحث في المركز الوطني للبحث العلمي ـ فرنسا.
قام بترجمة هذا الفصل توفيق كرباج.

ويود الكاتب هنا أن يلفت أنظارنا إلى الفارق بين الآلتين، فإن كل نغمة تأتي على الآلة الأولى بحسب قوة شد الوتر، بينما تأتي النغمات على الآلة الثانية بحسب مقاييس الأوتار المختلفة. (وقياس طول الوتر أسهل وأدق من قياس شده).

ومن الضروري أن نفهم بوضوح أن السلم النظري للأصوات هو عبارة عن نظام مكون من النغمات الموجودة والمتسلسلة، مرتبة من الأرخم إلى الأرفع في ديوانٍ واحد أو ديوانات عدة، يأخذ منها الموسيقي المتعلم الأبعاد أو الدساتين - الدرجات التي تكوّن الأجناس والمقامات. وغالباً ما يتكون السلم النظري للأصوات من أربعة وعشرين (٢٤) دستاناً - درجة في الديوان الواحد، ويكفي أن يتم اختيار سبع دساتين - درجات من أصوات الديوان الواحد كي يتكون مقام موسيقي سباعي (Heptatonic).

وعلى ذلك، فإن ما يجب توفره هو تطويع وحساب نظام سمعي نظري، وكذلك نظام لشد الأوتار بما يناسب العزف.

٢ - الأجناس الثلاثية والرباعية والخماسية[١]

أما وقد تم تبني هذا النظام السمعي وحساباته وقياساته، فإن الرسائل البحثية المؤلفة في هذا المجال تتجه إلى دراسة الأجناس الرباعية على زند آلة العود (في أكثر الحالات)، وتحدد فيها مواضع اليد اليسرى والأصابع على الأوتار، والتي بدورها تحدد الأصوات بحسب اختيار الوتر والمسافة المستخدمة منه. ويحدد بذلك مواضع السبابة، والوسطى، والبنصر والخنصر. وفي مرحلة ثانية، لا تُحدد مواضع الأصوات المتوفرة على اختلافها وإنما اختيارات فقط من الأصوات التي تكون الأجناس الأساسية. على سبيل المثال، الجنس (الكبير) الماجور بثالثته الكبيرة، والجنس (الصغير) المينور بثالثته الصغيرة، أو الجنس المتوسط بثالثته المتوسطة. فالتحديد من خلال الدساتين - الدرجات هو أساسي لأنه يحدد استعمال الاصبعين الوسطى والبنصر بحسب استخدام ثالثة صغيرة أو كبيرة في الجنس الموسيقي.

٣ - المقامات الموسيقية (الطبوع)[٢]

ثم تنتقل الرسائل بشكل عام إلى ذكر المقامات الموسيقية المختلفة والتي تصفها بحسب الموسيقى المتصورة، وتفسر كيفية عزفها على زند الآلة الموسيقية المستخدمة لاستنباط

---

(١) عن الأجناس والمقامات، انظر: Jean-Claude Chabrier, «Makām,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, 6 vols. parus, 2ème éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960-), vol. 6, pp. 94-102, حيث تجد جدولاً مرفقاً بالمقال عن الأجناس والمقامات، و *Encyclopédie de l'Islam* (Paris: Maisonneuve et Larose, 1986).

(٢) المصدر نفسه.

القياسات. إن الكم الأكبر من المقامات العربية والإيرانية والتركية وما يشابهها هو مكون من مقامات سباعية، أي تحتوي على سبع دساتين ـ درجات في الديوان، كما هي الحال في المقامات (الطبوع) الغربية. أما الاختلافات التي يمكن اكتشافها بين هذين النوعين من الموسيقى فهي بطبيعة الحال أحجام الأبعاد التي تفصل بين الدساتين ـ الدرجات.

إن بلورة مثل هذه الأنظمة الصوتية السمعية للتوفيق بين الممارسات الموسيقية المحلية والنظريات المتفرعة من قدماء الإغريق، ثم من أوروبا، قد غذت خيال العديد من العلماء والمفكرين من القرن الميلادي التاسع إلى أيامنا هذه. وهذا الهاجس قد أدى إلى تأليف العديد من الرسائل التي تعنى في جوهرها بالأنظمة الصوتية السمعية. ومن المثير أن معظم هذه الرسائل (والتي تُرجم عدد مهم منها إلى اللغات الغربية) يمكن الرجوع إليه ـ كمادة توثيقية لعلم الموسيقى عند العرب. ولدى القراءة المتأنية لهذه الرسائل، نجد أن أطروحات الأنظمة الصوتية السمعية، على الرغم من سيطرة النظام الفيثاغوري فيها، قد تطورت بشكل مثير للاهتمام منذ القرن التاسع وحتى القرن العشرين.

سنعتبر إذاً، أن من أهم المعايير الأساسية لتفهم العلم الموسيقي العربي (أو العربي الإسلامي بالمفهوم الواسع)، هي الدراسة المقارنة لتطور الأنظمة الصوتية السمعية المتتالية من القرن التاسع إلى يومنا. لأن هذه المعايير تُطبق بخاصة على أكثر نماذج البنيان الموسيقي خصوصية، ولأنه كل ما يتعلق بالأنظمة الصوتية ـ السمعية من شد الأوتار، والسلالم الصوتية النظرية، وأبعاد الأجناس والمقامات، هو في نهاية المطاف واقع في ميدان اهتمام العلوم الصحيحة بحيث يمكن إخضاعه إلى الوصف العلمي الجدي والدراسات الحسابية الدقيقة.

ثانياً: معايير قياس الأصوات والأبعاد

١ ـ النسب العددية على الوتر

أ ـ قواعد عامة وتكوين الديوان: ١/ ٢

إن الرجوع إلى العلوم الصحيحة وإلى القيم القابلة للقياس، يؤدي إلى استخدام وحدات مقياسية دقيقة تقود إلى الموضوعية واعتماد أسلوب المقارنة في التعامل مع هذا العلم.

فمنذ العصور القديمة، استُخدم الوتر الهزاز المتخذ من آلة نظرية (المونوكورد) للتعبير عن الأصوات والأبعاد بين الأصوات، أو استخدم وتر آلة معروفة لطرح الأصوات (النغمات) بدقة علمية.

وكانت هذه هي الحال في الحضارة العربية الإسلامية، فاستخدموا آلة العود، وهي الآلة التي كانت تتطور بتطور هذه الحضارة. كما استخدموا في حالات نادرة الأعواد ذات الزنود الطويلة، الطنبور، الرباد (الرباب، الربابة، الكمانة)، أو آلات أخرى. ويُعبر بالنسب الحسابية عن الأصوات الصادرة من الوتر. ولنفترض وتراً مشدوداً من المفتاح الموجود على اليسار (في طرف الزند) حتى مكان ربط الوتر (Le cordier) على بطن الآلة وعلى يمينها، فإذا اهتز الوتر بكامله، فنفترض أنه يصدر نوتة الدو ٢، بالنسبة الوترية $\frac{1}{1}$، منطلقين من طرف الزند على اليسار (جهة المفاتيح)، إذا وضعنا إصبعاً من اليد اليسرى على وسط الوتر، وهذا في معظم الرسوم وضغطنا الوتر على الزند، وضربنا بالظفر على نصف الوتر الموجود على اليمين، فيهتز هذا النصف من الوتر الموجود بين الاصبع الكابس ومكان ربط الوتر على بطن الآلة، بينما يكون نصف الوتر الموجود بين الاصبع الكابس والمفتاح في طرف الزند، صامتاً. فإننا نصدر صوتاً إذاً في النسبة $\frac{2}{1}$، «٢» هي طول الوتر و«١» هو جزء الوتر الذي يهتز، ونحصل بذلك على صوت في الديوان الأعلى هو، على سبيل المثال، الدو ٣. ويجب أن نعلم أنه في كل الأنظمة، إذا لم تتغير قوة شد الوتر، فالقسمة على «٢» لطول الوتر الهزاز تضاعف اهتزازات هذا الوتر، فترفع الصوت من ديوان إلى ديوان آخر. والعكس صحيح، فإن ضرب طول الوتر بالعدد «٢» تخفض الصوت بديوان.

ب ـ النظام الفيثاغوري

إذا وضعنا الاصبع الكابس على ثلث طول الوتر منطلقين من المفاتيح، يهتز تحت ضربة الظفر الثلثان الباقيان على اليمين، ونحصل بذلك على النسبة $\frac{3}{2}$، أي بعد الخامسة التامة، وعلى سبيل المثال هنا صول ٢. وإذا وضعنا الإصبع الكابس على ربع طول الوتر منطلقين من المفاتيح، فتهتز ثلاثة أرباع الوتر الباقية على اليمين، ونحصل بذلك على النسبة $\frac{4}{3}$، أي بعد الرابعة التامة، وعلى سبيل المثال هنا فا ٢. يستخلص بُعد الثانية الكبيرة أو الطنين، في النظام الفيثاغوري، من الفرق ما بين بعد الخامسة التامة $\frac{3}{2}$ وبعد الرابعة التامة $\frac{4}{3}$، أي $\frac{9}{8}$. فيصوت إذاً أول بعد طنيني بوضع الإصبع الكابس على تسع الوتر من المفاتيح، ويهتز بذلك الثمانية أتساع $\frac{9}{8}$ الباقية من الوتر، ويكون الصوت الناتج ره ٢. إن جمع ثانيتين كبيرتين أو الديتون يحدد الثالثة الكبرى الفيثاغورية، كما أنها تُحدد بجمع أربع أبعاد بالخامسة التامة (مثل: دو ـ صول ـ ره ـ لا ـ مي)، وتكون بالنسبة العددية $\frac{81}{64}$، ونتصور هذه النسبة على الوتر وكأن الوتر مجزأ إلى ٨١ جزءاً منها ٦٤ جزءاً تهتز وتعطي بذلك نوطة أو درجة «المي ٢». وفي هذا النظام الفيثاغوري نفسه، تكون نتيجة طرح أو (إسقاط) بعد الثالثة الكبيرة $\frac{81}{64}$ من بعد الرابعة التامة $\frac{4}{3}$، هي بُعد «الباقية» أو الفضلة (Limma) ويُسمى هذا البُعد أيضاً «بالنصف الصوت الصغير»، وهو محدد بالنسبة $\frac{256}{243}$، ويكون الصوت الناتج ره ٢ بيمول ناقص. ويكون البعد الناتج من طرح بُعد «الباقية» $\frac{256}{243}$ من بُعد الثانية الكبيرة $\frac{9}{8}$ هو بُعد «المتمم» (apotômé)، أو بُعد «النصف الصوت الكبير» والذي تحدد نسبة $\frac{2187}{2048}$،

فيكون الصوت الناتج دو ٢ دييز زائد. أما البعد الناتج من طرح بُعد «الباقية» من بُعد «المتمم» هو بُعد «الفاصلة» الفيثاغورية (comma) المحدد بالنسبة $\frac{٥٣١٤٤١}{٥٢٤٢٨٨}$، (كما يُحدده طرح إثني عشر بعداً «بالخامسة» من سبعة أبعاد «ديوان»، ونجده في الفرق بين جمع ستة أبعاد «ثانية كبيرة» و«الديوان»). كما أن البعد الناتج من طرح بُعد «الفاصلة» الفيثاغورية من بُعد الثانية الكبيرة هو بعد «التتمة» وهو جمع «الباقيتين»، كما هو بُعد «الثانية المتوسطة» الفيثاغورية إذا أردنا تحديد مثل هذا البعد، وتكون نسبة هذا البُعد $\frac{٦٥٥٣٦}{٥٩٠٤٩}$، ويكون صوتها «ره» ناقصاً فاصلة. وسأرمز لهذه الدرجة ره. د.٢ في لائحة المختصرات «الأرابيسك». قيمة هذا البعد وهو الثالثة المنقوصة الفيثاغورية، أي «التتمة» أو ثانية متوسطة، قريبة من قيمة الطنيني الصغير الموجود في النظام الهارموني الطبيعي والذي نسبته $\frac{١٠}{٩}$.

وعلى الرغم من ضرورة عدم الخلط بين هذه الحسابات لدى علماء الصوت، فإن الموسيقي العادي غالباً ما يعزفها على الموضع نفسه تقريباً، فيكون الصوت نفسه.

ج ـ الأنظمة الهارمونية (أرسطوكسينوس، زارلينو، دوليزي... الخ)

لقد رأينا كيف يحسب النظام الفيثاغوري على المونوكورد (آلة نظرية وتر واحد) أو على العود، أو الكمان، متخذين كمرجع حسابي تسلسل أبعاد الخامسة التامة، ونرى مدى استكمالية مثل هذه العمليات. فهذا النظام الصوتي الفيثاغوري هو على العموم النظام الأهم بالنسبة للصوتية ـ السمعية الموسيقية، وأهميته ما زالت ملموسة في العالم العربي ـ الإسلامي وفي العالم الأوروبي. وهنالك أنظمة صوتية ـ سمعية أخرى، محددة بنسب حسابية أخرى ومنها أصوات (نغمات) وأبعاد ذات مسافات مختلفة ومغايرة.

ونجد في النظام الهارموني الأبعاد الخامسة نفسها $\frac{٣}{٢}$، الرابعة $\frac{٤}{٣}$، الثانية الكبيرة $\frac{٩}{٨}$، لكننا نجد أبعاداً جديدة: الثالثة الكبيرة الهارمونية $\frac{٥}{٤}$، الثالثة الصغيرة $\frac{٦}{٥}$، الثانية الكبيرة أي الطنين $\frac{٩}{٨}$ والطنيني الصغير $\frac{١٠}{٩}$، نوع من ثلثي الصوت $\frac{٢٧}{٢٥}$، نصف صوت كبير أو شبه متمم $\frac{١٦}{١٥}$، نصف صوت صغير أو شبه باقية $\frac{١٣٥}{١٢٨}$، النصف الصوت الأصغر $\frac{٢٥}{٢٤}$، دييز $\frac{١٢٨}{١٢٥}$، الفاصلة السينتونية $\frac{٨١}{٨٠}$، الدياسكيزما أو المفصول $\frac{٢٠٤٨}{٢٠٢٥}$ ... الخ.

لدينا إذاً كم من الفوارق ما بين النظامين، الفيثاغوري والهارموني الطبيعي، في ما يخص الأصوات ودرجاتها. وهناك أماكن يلتحم فيها النظامان مثلاً: الليما أو الباقية $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$ و $\frac{١٣٥}{١٢٨}$، والمتمم $\frac{٢١٨٧}{٢٠٤٨}$ و $\frac{١٦}{١٥}$، التتمة $\frac{٦٥٥٣٦}{٥٩٠٤٩}$ و $\frac{١٠}{٩}$، والثالثة المتوسطة وهي في النظام الفيثاغوري رابعة منقوصة $\frac{٨١٩٢}{٦٥٦١}$ ونفس البعد في النظام الهارموني الطبيعي نسبته $\frac{٥}{٤}$.

تقسيم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً (إيراتوستين)

وهذا نظام صوتي ـ سمعي آخر منسوب لإيراتوستين استعمله العرب في الجاهلية، وهو كناية عن قسمة وهمية للوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً. وإذا انطلقنا من المفاتيح

استخدمنا الاصبع الكابس للتحديد على الوتر الحر المطلق الدساتين ـ الدرجات المتوفرة في الأربعين جزءاً.

لدينا نسبة $\frac{٤٠}{٤٠}$ للوتر الحر المطلق؛ عند توقيف أول جزء نحصل على النسبة $\frac{٤٠}{٣٩}$، أول جزأين نحصل على النسبة $\frac{٤٠}{٣٨} = \frac{٢٠}{١٩}$، ثلاثة أجزاء $\frac{٤٠}{٣٧}$، أربعة أجزاء يكونون العشر $\frac{٤٠}{٣٦} = \frac{٢٠}{١٨} = \frac{١٠}{٩}$ ما يساوي الطنيني الهارموني الصغير؛ ثم $\frac{٤٠}{٣٥} = \frac{٨}{٧}$ ما يعطي الطنيني الأكبر (Ton maxime)؛ $\frac{٤٠}{٣٤} = \frac{٢٠}{١٧}$ ، $\frac{٤٠}{٣٣}$؛ $\frac{٨٠}{٦٤} = \frac{٤٠}{٣٢} = \frac{٢٠}{١٦} = \frac{١٠}{٨} = \frac{٥}{٤}$ ما يساوي ثالثة هارمونية كبيرة؛ $\frac{٤٠}{٣١}$ ؛ $\frac{٤٠}{٣٠} = \frac{٤}{٣}$ ما يساوي الرابعة التامة؛ $\frac{٤٠}{٢٩}$ ؛ $\frac{٤٠}{٢٨} = \frac{٢٠}{١٤} = \frac{١٠}{٧}$ ما يساوي الرابعة المزيدة أو التريتون الهارموني؛ $\frac{٤٠}{٢٧}$ يساوي خامسة قصيرة أي ناقصة فاصلة تقريباً؛ $\frac{٤٠}{٢٦}$ يساوي خامسة زائدة فاصلتين تقريباً وقريبة من «خامسة الذئب» $\frac{١٩٢}{١٢٥}$ النشاز والتي أزعجت علماء الصوت الأوروبيين حتى ظهور دوزان أنصاف الصوف المتساوية في أول القرن الثامن عشر. نلاحظ أن هذا النظام لا يدخله بعد الخامسة التامة مع أنه يتفق في بعض الأصوات مع النظام الهارموني الطبيعي.

٢ ـ المقاييس الطولية على الوتر

أ ـ المبادىء العامة

من الممكن تحديد كل الأبعاد الممكن تصورها على آلة المونوكورد أو على آلة وترية ذات زند ناعم أي من دون دساتين جامدة، وذلك بالنسب العددية التي توضح علاقة طول الوتر المطلق (والمفترض أنه الصوت المرجع (Diapason)) وطول جزء الوتر الباقي بعدما وقفه الاصبع الكابس، علماً بأنه يمكن تحقيق هذه العملية ذهنياً. هذه الطريقة التي تستخدم النسب العددية هي من مزايا قدامى الإغريق، ولقد تواصلت إلى يومنا هذا من خلال أعمال العديد من الموسيقيين وعلماء الصوت من العالم العربي ـ الإسلامي وغيره من المدنيات، وبخاصة علماء القرون الوسطى. إن صعوبة هذه الطريقة تكمُنُ في حال نقص التخصص المتعمق، فإن وجود نسب عددية معقدة لا توحي فوراً بمكان الدستان أو الاصبع الكابس على الوتر، ولهذا يتوجب على الموسيقي حساب المسافة في أغلب الأحيان.

وبالعكس، إذا اخترنا طولاً معيناً لوتر مطلق أي وتر مرجعي ما بين مفاتيح آلة معينة ومكان ربط الأوتار على بطن هذه الآلة، فإن كل صوت محدد بنسبة عددية معينة يمكن تصور موضعه على الوتر بحسب مقياس خطي مستخلص من هذه النسبة.

ومن المفروض الأخذ بعين الاعتبار، سماكة الإصبع الكابس، وبعض العوامل غير المحسوسة والعفوية مثل الاختلافات الضئيلة بين الأوتار أو قوة وطريقة ضرب الأوتار، مما يخلق بعض الفوارق في الموضع الخطي النظري والموضع الحقيقي التطبيقي على الوتر

للحصول على صوت معين. أما على المونوكوردات، فوتران متوازيان مشدودان بالقوة نفسها، يقومان بوضع أثقال متساوية على أطراف الوترين. هذان الوتران لديهما المقياس المرجعي نفسه، أي أنهما مطلقان بين المفتاح ومكان ربطهما على بطن الآلة (أي ما بين المشط والجحش)، أو كما هو عادي، ما بين المفتاح والعربة الثابتة (الجحش). إذا كانت هاتان المسافتان متساويتين. ونبقي واحداً من الوترين على حاله - أي يصبح بمثابة صوت مرجعي ثابت - ونغير طول الوتر الثاني فيتحول صوته، نقصره إذاً كما شئنا، متحكمين بذلك بالتغير الصوتي الذي نحدثه، والذي نستطيع قياسه.

ب - المقاييس (الطولية) للنظام الفيثاغوري

فلنعتبر أن طول أوتار مونوكوردات المختبر هو متر أو ألف مليمتر، وذلك لتسهيل العمليات الحسابية. وبهذه الطريقة يصير من الأسهل تحديد مواضع الأبعاد المعروفة ومنها الأبعاد الفيثاغورية الأساسية.

وعلى سبيل المثال، الأوكتاف أو الديوان $\frac{٢}{١}$: ٥٠٠ ملم؛ الخامسة التامة $\frac{٣}{٢}$: ٣٣٣,٣ ملم؛ الرابعة التامة $\frac{٤}{٣}$: ٢٥٠ ملم؛ ذو الصوتين أو الثالثة الكبيرة $\frac{٨١}{٦٤}$: ٢٠٩,٩ ملم؛ الثانية المضاعفة $\frac{١٩٦٨٣}{١٦٣٨٤}$: ١٦٧,٦ ملم؛ الثالثة الصغيرة $\frac{٣٢}{٢٧}$: ١٥٦,٢٥ ملم؛ الثانية الكبيرة أو الطنيني $\frac{٩}{٨}$: ١١١,١١ ملم؛ المتمم $\frac{٢١٨٧}{٢٠٤٨}$: ٦٣,٥٥ ملم؛ الباقية $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$: ٥٠,٧٨ ملم؛ الفاصلة $\frac{٥٣١٤٤١}{٥٢٤٢٨٨}$: ١٣,٤٥ ملم؛ (وكل هذه المسافات محسوبة من المفتاح).

أما على الآلات التي يُعزفُ عليها، فالمعطيات العددية السابقة ليست بتلك السهولة. فعلى الأعواد ذات الأعناق الطويلة مثل **الطُنبور** - وهو آلة مستخدمة في القرون الوسطى - والأشكال الحديثة المطورة عنها مثل **الطُنبور التركي**، فإن طول الوتر هو متر واحد مما يدفع اليد اليسرى، أو اليد التي تكبس الأوتار على الزند، إلى تنقلات طولية كبيرة. أما على الكمانات، فتُرغم اليد الكابسة على العزف على مواضع شديدة التجاور نتيجة قصر أوتار تلك الآلات. وعلى الأعواد ذات الزند القصير، وهي الأعواد الأوروبية وأعواد الموسيقى العربية - الإيرانية - التركية وما استوعبته من مدنيات، فطريقة العزف هي التي أجبرت صانعي الأعواد على ألا يقصروا في الأوتار خشيةً تزاحم الأصابع على الزند القصير، كما أنهم تفادوا التطويل في الأوتار خشية إرغام العازف على القفز من موضع إلى آخر بيده على الزند. لذا أتى طول الوتر المطلق على هذه الآلات ٦٠٠ ملم، أو أطول بقليل في بعض الأعواد المغربية، أو أقصر بقليل وبطول ٥٨٥ ملم في الأعواد الشرقية الخارقة الصنع مثل أعواد مانول، وأونك في اسطنبول، وأعواد علي، وفاضل في بغداد.

ولتسهيل الحسابات، سنتخذ عوداً ذا أوتار طولها ٦٠٠ ملم، وسنحدد مواضع الأبعاد الفيثاغورية الأكثر استخداماً عليه، وكل هذه المسافات ننطلق بها من المفاتيح. الديوان (الأوكتاف) $\frac{٢}{١}$: ٣٠٠ ملم؛ الخامسة التامة $\frac{٣}{٢}$: ٢٠٠ ملم؛ الرابعة التامة

$\frac{٤}{٣}$: ١٥٠ ملم؛ الثالثة الكبرى ذات الصوتين $\frac{٨١}{٦٤}$: ١٢٥,٩٢ ملم؛ الثانية المزيدة $\frac{١٩٦٨٣}{١٦٣٨٤}$: ١٠٠,٥٦ ملم؛ الثالثة الصغرى $\frac{٣٢}{٢٧}$: ٩٣,٧٥ ملم؛ الثانية الكبرى الطنين $\frac{٩}{٨}$: ٦٦,٦٦ ملم؛ المتمم $\frac{٢١٨٧}{٢٠٤٨}$: ٣٨,١٣ ملم؛ الباقية $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$: ٣٠,٤٧ ملم؛ الفاصلة $\frac{٥٣١٤٤١}{٥٢٤٢٨٨}$: ٨,٠٧ ملم.

ج - مقارنة المقاييس الطولية الخطية بالأنظمة الأخرى

من الضروري ألا يخلط علماء الصوت بين الأنظمة الصوتية المختلفة. لذلك فإن معرفة الفوارق بين الأنظمة المختلفة ومراجعها المركزية هي من أهم متطلبات العمل، مباشرةً على وتر الآلة، والتي نفترض طول وترها ٦٠٠ ملم، وهو الطول الشائع لآلة العود.

كل الديوانات (الأوكتافات) هي متساوية، بنسبة $\frac{٢}{١}$ أي بموضع الاصبع الكابس على مسافة ٣٠٠ ملم من المفاتيح. الأبعاد بالخامسة أي خامسات الأوتار المطلقة تختلف بعض الشيء عن خامسة فيثاغورية إلى خامسة معدلة، الأولى $\frac{٣}{٢}$: ٢٠٠ ملم؛ الثانية لم يذكر الكاتب إذا ما كانت أصغر أو أكبر، وعلى الأرجح أن الخامسة المعدلة أصغر بفاصلة من الأولى بفارق $\frac{٣٢٨٠٥}{٣٢٧٦٨}$: ٠,٦٧٦ ملم؛ الرابعات، الرابعة التامة $\frac{٤}{٣}$: ١٥٠ ملم؛ الرابعة المعدلة أطول من الفيثاغورية ونادرة $\frac{٣٠٣}{٢٢٧}$: ١٥٠,٤٩ ملم (والفرق هو من جديد فاصلة $\frac{٣٢٨٠٥}{٣٢٧٦٨}$). الأبعاد بالثالثة والثانية، من الكبيرة إلى الصغيرة هي، ثالثة كبيرة فيثاغورية $\frac{٨١}{٦٤}$: ١٢٥,٩٢ ملم؛ ثالثة كبيرة معدلة $\frac{٦٣}{٥٠}$: ١٢٣,٨٠ ملم؛ ثالثة كبيرة هارمونية طبيعية $\frac{٨٠}{٦٤} = \frac{٥}{٤}$: ١٢٠ ملم؛ الثانية المضعفة الفيثاغورية $\frac{١٩٦٨٣}{١٦٣٨٤}$: ١٠٠,٥٦ ملم؛ الثالثة الصغيرة الهارمونية الطبيعية $\frac{٦}{٥}$: ١٠٠ ملم؛ الثانية المضعفة أو الثالثة الصغيرة المعدلة $\frac{٤٤}{٣٧}$: ٩٣,٧٥ ملم؛ الثانية المضعفة الهارمونية الطبيعية $\frac{٧٥}{٦٤}$: ٨٨ ملم؛ الثانية الكبيرة الفيثاغورية أو بُعد الصوت الكبير $\frac{٩}{٨}$: ٦٦,٦٦ ملم؛ الثانية الكبيرة المعدلة $\frac{٤٤٩}{٤٠٠}$: ٦٥,٤٧ ملم؛ بُعد الصوت الهارموني الطبيعي الصغير $\frac{١٠}{٩}$: ٦٠ ملم؛ لا يُفرق عن التتمة الفيثاغورية أو الثالثة المنقوصة الفيثاغورية أو عن الثانية المعتدلة الفيثاغورية $\frac{٦٥٥٣٦}{٥٩٠٤٩}$: ٥٩,٣٩ ملم؛ وبالنسبة لأنصاف الأصوات فنصف الصوت «المتمم» الفيثاغوري $\frac{٢١٨٧}{٢٠٤٨}$: ٣٨,١٣ ملم لا يفرق إلا بشيء ضئيل عن نصف الصوت الهارموني الطبيعي $\frac{١٦}{١٥}$: ٣٧,٥٠ ملم؛ النصف الصوت المعدل $\frac{٨٩}{٨٤}$: ٣٣,٧٠ ملم؛ النصف الصوت الملوّن الصغير $\frac{١٣٥}{١٢٨}$: ٣١,١١ ملم؛ يكبُر الباقية الفيثاغورية بشيء ضئيل $\frac{٢٥٦}{٢٤٣}$: ٣٠,٤٧ ملم.

أما بالنسبة للفواصل، الفاصلة الفيثاغورية $\frac{٥٣١٤٤١}{٥٢٤٢٨٨}$: ٨,٠٧ ملم؛ الفاصلة الهولدرية (Holdérien) $\sqrt[٥٣]{٢}$: ٧,٧٩ ملم، الفاصلة السينتونية أو الديديمية (نسبةً لديدموس) وهي فاصلة النظام الهارموني الطبيعي $\frac{٨١}{٨٠}$: ٧,٤١ ملم؛ المنفصل الهارموني $\frac{٣٢٨٠٥}{٣٢٧٦٨}$: ٠,٦٧٦ ملم. نلاحظ إذاً مناطق تتداخل فيها الأنظمة بعضها ببعض.

د ـ مقاييس رفع ورخم الصوت والأبعاد

(من دون الأخذ بعين الاعتبار طول الوتر أو الأنظمة الصوتية المختلفة: الهيرتز (Hertz)، سافارت (Savart) والسنت (Cent)).

لقد رأينا أنه منذ العصور القديمة مقاييس الصوت كلها (من رفع ورخم) قد أُجريت على الوتر الواحد المطلق المونوكورد. وتحددت هذه الأصوات بالنسب الحسابية كذلك. إذا عرفنا طول الوتر تتحدد تلك الأصوات بمقاييس طولية دقيقة. لكنه أصبح باستطاعتنا إحداث أصوات دون الاستعانة بالأوتار وحتى من دون آلة موسيقية، فقد ابتكر العلماء مقاييس جديدة واستخدموها. منها الهيرتز وهو مقياس للاهتزازات، كما ابتكروا السنت والسافارت، وهي وحدات قياسية للصوت، والفاصلة الهولدرية و$\frac{1}{53}$ من الديوان.

هـ ـ التعديلات الصوتية المختصة بالموسيقى المقامية (الطبوع) غير المعدلة، ومختصرات الأرابيسك[٣]

لقد تمت دراسة الوسائل المختلفة لقياس رفع أو رخم الصوت: كالنسب العددية والمقاييس الطولية، الهيرتز، السافارت، السنت، والفواصل الهولدرية... الخ. لكن ومنذ عصور تعود الإنسان أن يطلق التسميات مثل أسماء النوطة لدرجات مقام ما متصوراً أنها على سلم معين، ويكتبها على مدرج غربي بخمسة أسطر وأربع فراغات (وكما كانت الحال في الغرب فلم يكن هناك إلا ست تسميات في البدء ثم سبع للنوطة أي أوت، ره، مي، فا، صول، لا، سي لتحديد الديوان الذي يستوعب ١٢ درجة فعلية، فتم استخدام إشارات لتعديل أو تحويل الدرجات لرفعها أو خفضها، الدييز والبيمول، مما سمح على

(٣) لقد ابتكرت هذه اللائحة لاختصار تسميات الدرجة بعدما كتبت أطروحتي عن مدرسة العود البغدادية. إن التعديلات «العربية» و«الإيرانية» بالربع الصوت شبيهة بمعانيها للتعديلات الغربية بالنصف الصوت، لكنها لا تحدّد الأصوات في سلم عام. معظم الأصابع ـ الدرجات (المواضع) في الحضارة العربية ـ الإسلامية هي فيثاغورية الأصل (فاصلة، باقية، متمم، تتمة...). أما الأتراك فلديهم طريقة بالتعديلات تستطيع أن تذكر تلك الأصوات، لكنها لا تقبل التنقيل (التصوير). هذا التفاوت أرغمني انطلاقاً من الإشارات أو علامات التعديل المعروفة في الموسيقى العربية ـ الإيرانية ـ التركية على ابتكار لائحة اختصارات تحدد الأصوات بقيم لا تكبر عن تسع الصوت (١/٩ طنين) أي الفاصلة الهولدرية. هذا هو تعريفي لهذه اللائحة في مجموعة التسجيلات (الاسطوانات) لحفلات الموسيقى الشرقية، الأرابيسك: «إن لائحة اختصارات أرابيسك تواجه الأنظمة الصوتية العربية والإيرانية والتركية، بأرباع الصوت والفواصل، معتبرين أن ربع الصوت (٥٠ سنت) يساوي فاصلتان (٤٥,٢ سنت)، مستخدمين العديد من الإشارات المعروفة في الموسيقى الشرقية ومبتكرين إشارات أخرى لتحديد مواضع التعديلات التي تطرق على الطنين أو بعد الصوت وفواصله التسع. ومنذ ذلك الوقت طبقت هذه اللائحة على تحليل عزف الموسيقيين المتميزين بأسلوب تلاعبهم بالفواصل».

الأقل تفريق سلم الدو ماجور دو ـ ره ـ مي طبيعية ـ فا ـ صول ـ لا ـ سي ـ دو، وسلم الدو مينور دو ـ ره ـ مي بيمول ـ فا ـ صول ـ لا بيمول ـ سي بيمول ـ دو). لكن هذه الإشارات لا تكفي وينقصها الدقة حين نحاول كتابة موسيقى قديمة أو غير أوروبية.

بعض الكتاب وصف طرقاً في التدوين الموسيقي (نوع من النوطة) مستخدماً المدرج منذ القرن الثالث عشر (شيلوه) في الموسيقى العربية أو ما يشبهها، لكن التدوين الفعلي هو حديث يرجع إلى أيام اكتشاف الشرقيين للمدرج الموسيقي الغربي في القرن الثامن عشر وعلى وجه الخصوص في القرن التاسع عشر (فارمر). وبما أنه في هذه الحقبة من التاريخ كان التدوين وإشارات التحويل تخص الدوزان المعدل باثني عشر نصف صوت متساوين للديوان الواحد، اضطر العرب والإيرانيون إلى وضع إشارات تحويل إضافية مثل النصف دييز والنصف بيمول وبذلك توصلوا إلى مواضع الثلاثة أرباع الصوت والخمسة أرباع الصوت وسبعة أرباع الصوت. وهكذا وُلد للعرب النصف دييز والكار دييز (ربع دييز) والنصف بيمول والكار بيمول (ربع بيمول). ووُلد للإيرانيين الصوري والكورون. أما الأتراك الذين حافظوا على النظام الفيثاغوري بفواصله الذي ابتكره صفي الدين الأرموي في القرن الثالث عشر ـ والذي لاقى بعض التحسين في القرن الأخير ـ فلديهم رموز للتحويل شديدة الدقة لكنها لا تسمح بالتنقيل (التصوير) إلى كل الدرجات.

وبالنسبة للعرب والعجم، فقد أتاحت إشاراتهم إلى اعتقادهم أن موسيقاهم تتحدد من خلال الربع الصوت مع العلم إن هذا القياس ليس إلا تقريبياً وقد صار موجوداً عند تسوية الموسيقى العربية والإيرانية مع المدرج الموسيقي الغربي.

وسنرى فيما بعد أن المقامات العربية والفارسية والتركية مكونة من سبع درجات للديوان، فيكفي أن نحدد المواضع الأربعة والعشرين للأصابع ـ درجات، مفصولين بإثني عشر نصف صوت متساويين ومأخوذين من القرن الثامن عشر الغربي، ما يمكن أن يكون لديه مرادف في الموسيقى الشرقية وهو السلم المعدل المتساوي ذو الأربعة وعشرين ربع صوت أي أربعة وعشرون موضعاً ـ إصبعاً ـ درجة.

لهذه الأسباب فإن رموز التحويلات الشرقية بأنصاف الدييز والدييز والبيمول ونصف البيمول ليست إلا تقديراً تقريبياً يستخدمه الموسيقيون المتمكنون بطريقة فنية تريحهم عندما يأخذون بعين الاعتبار الأبعاد الموجودة في نظام صوتي أكثر ثراء. وبعض الموسيقيين العلماء يتوصلون إلى مثل هذه النتيجة، وهم عزفة العود البغداديون والحلبيون.

أما الأتراك فإنهم يستعملون رموزهم الخاصة ويقسمون الطنين (بُعد الصوت الكامل) إلى فاصلة، وباقية، ومتمم وتتمة. وفي السبعينيات ومن الاجتماع لكلوكيوم علماء الموسيقى[٤] في بيروت، فقد حاولوا إثراء رموز التحويل المألوف، ولكنهم لم يحاولوا أن يفسروا تلك التغييرات، وبقيت هذه التحويلات غير مبررة.

---

(٤) والذي ذكره صلاح المهدي في عمله. انظر: صلاح المهدي، **الموسيقى العربية** (١٩٧٢).

ومن أجل تحديد كل التحويلات بمقياس «الفاصلة» التي تسمح «بالتنقيل» على كل الدرجات، أوجدت في عام ١٩٧٨ نظاماً لإشارات التحويل بالفواصل والتي أطلقت عليه اسم رموز «الأرابيسك». تلك الرموز (الأرابيسك) تستطيع أن تواجه الرموز العربية، والإيرانية والتركية بأرباع الصوت والفواصل. ويستوعب هذا النظام، الربع الصوت وكأنه فاصلتان هولدريتان، ويستخدم العديد من الرموز والإشارات المعروفة في المدرجات الشرقية، كما أنه يستخدم إشارات جديدة لتحديد تحويلات تصيب أياً من الفواصل التسع التي تكون بُعد الصوت الكامل (الطنين).

إن قسمة بُعد الصوت (الطنين) إلى تسعة أجزاء وهي الفواصل الهولدرية التسع، تسمح بتحديد التعديلات إلى حد أدنى هو تسع الصوت، كما تسهل فصل الثالثة الفيثاغورية من الثالثة الكبيرة الطبيعية (الهارمونية). ودراسة الدرجات الصغيرة التسع لكل فاصلة من بُعد الصوت، مهم للغاية لتفهم تطابق أو تجاوز الأبعاد الموجودة في الأنظمة الأخرى المعروفة عالمياً.

الجدول رقم (١٧ ـ ١)

ج.ك. شابربيه. لائحة رموز التعديلات «الأرابيسك»، قسمة الصوت إلى تسعة مراجع

ـ ٠ ـ الدرجة الدياتونية غير المعدلة، أول الوتر من المفتاح، بيكار.

ـ ١ ـ (صوت) مرفوع فاصلة هولدرية واحدة، أو فاصلة سينتونية أو فاصلة فيثاغورية. وهي أيضاً بعد الصوت المخفض ثماني فواصل هولدرية أو مخفض بعد تتمة أو صوت صغير.

ـ ٢ ـ مرفوع بفاصلتين هـ أو دييز ربع الصوت $\frac{١٢٨}{١٢٥}$؛ مخفض بسبع فواصل هـ أو ثلاثه أرباع الصوت $\frac{١١٢٥}{١٠٢٤}$ أو $\frac{١٢}{١١}$.

ـ ٣ ـ مرفوع بنسبة أصغر نصف صوت، ثلاث فواصل $\frac{٢٥}{٢٤}$؛ مخفض بنسبة النصف الصوت الأكبر، ست فواصل $\frac{٢٧}{٢٥}$.

ـ ٤ ـ مرفوع بأربع فواصل هـ، باقية، أو نصف صوت صغير $\frac{١٣٥}{١٢٨}$؛ مخفض بخمس فواصل هـ، متمم، أو نصف صوت كبير $\frac{١٦}{١٥}$.

ـ ٤,٥ ـ مرفوع بنسبة النصف الصوت المعدل المتساوي، أو ربعي الصوت؛ مخفض بنسبة النصف الصوت المعدل المتساوي، أو ربعين الصوت.

ـ ٥ ـ مرفوع بخمس فواصل هـ، متمم، أو نصف صوت كبير $\frac{١٦}{١٥}$؛ مخفض بأربع فواصل هـ، باقية، أو نصف صوت صغير $\frac{١٣٥}{١٢٨}$.

ـ ٦ ـ مرفوع بست فواصل هـ، أو النصف الصوت الأكبر $\frac{٢٧}{٢٥}$؛ مخفض بثلاث فواصل هـ، أو بنسبة أصغر نصف صوت $\frac{٢٥}{٢٤}$.

ـ ٧ ـ مرفوع بسبع فواصل هـ، ثلاثة أرباع الصوت $\frac{١١٢٥}{١٠٢٤}$، $\frac{١٢}{١١}$؛ مخفض بفاصلتين

يتبع

تابع

هـ، دييز ربع الصوت $\frac{١٢٨}{١٢٥}$.

ـ ٨ ـ مرفوع بثمان فواصل هـ، تتمة أو بعد الصوت الصغير؛ مخفض فاصلة هـ واحدة، فاصلة سينتونية، فاصلة فيثاغورية.

ـ ٩ ـ درجة دياتونية غير معدلة (أي غير معوّلة) تبعد عن الأولى بعد الصوت الكبير (الطنين)، بيكار.

لقد استخدمت هذه اللائحة للتعديلات أو التحويلات في كل التحاليل الموسيقية منذ سنة ١٩٧٨، ولقد برهنت فعاليتها الدقيقة والتي تخدم مصلحة هذه التحاليل.

و ـ السلم النظري للأصوات الواقعية، لائحة الرموز (ج.ك.ش.) والأربعة والعشرين إصبعاً ـ درجة الواقعين في الديوان

عند المرور من السلم إلى المقام في الدوزان المعتدل الغربي، يكفي أن نحدد سبع درجات من الإثني عشر إصبعاً ـ درجة في الديوان لتحديد مقام سباعي. وفي الموسيقى العربية وجميع أنواع الموسيقى المستوعبة فيها، يكفي اختيار سبع درجات من أربعة وعشرين إصبعاً ـ درجة في الديوان لتكوين مقام سباعي (عربي). ومن هنا أهمية وضع تسميات للأربعة والعشرين إصبعاً ـ درجة، وتكون هذه التسميات حروفاً وأرقاماً تغنينا عن الانشغال بالأسماء المعقدة أو النسب الحسابية التي تلازم رفع أو رخم الصوت، كما أنه من الضروري أن تستوعب التسميات الجديدة النغمات المجاورة لتلك الأصابع ـ الدرجات التي ترمز إليها وبذلك يوضح المقام. فلقد أثبتنا هنا «لائحة ج.ك.ش.» لتسهيل التنقيل (التصوير).

الجدول رقم (١٧ ـ ٢)
لائحة ج.ك.ش. للأربعة والعشرين إصبعاً ـ درجة في الديوان

١٧ إصبع درجة(*)	النوطة من الدو	رموز ج.ك.ش.	القيمة بالربع الصوت	القيمة بالفواصل	النظام الفيثاغوري
+(**)	دو	صفر أ صفر أ + ١ ب	صفر ـ ١	صفر فاصلة ٤	ـ فاصلة باقية

يتبع

(*) (إصبع ـ درجة): مصطلح جديد، أول من استخدمه هو جان كلود شابربييه، ويعني موضع الإصبع على زند الآلة وموضع الدرجة الموسيقية بالنسبة إلى السلم الموسيقي النغمي العام.

(* *) في بعض الأنظمة لا يُذْكَرْ إلا سبعة عشر إصبع ـ درجة للديوان. نستطيع أن نميزهم بعلامة + الموجودة على هامش اليمين لهذه اللائحة.

تابع

+		٢ ج	٢	٥	متمم
+		٣ د	٣	٨	تتمة ثانية متوسطة. ثالثة مخفضة
+	ره	٤ هـ	٤	٩	ثانية كبيرة. صوت كبير
		٤هـ +	—	١٠	ثانية كبيرة زائدة فاصلة
		٥ و	٥	١٣	ثالثة صغيرة
+		٦ ز	٦	١٤	ثانية مزيدة
+		٧ح	٧	١٧	ثالثة متوسطة. رابعة منقوصة
+	مي	٨ ط	٨	١٨	ثالثة كبيرة ذو الصوتين
		٨ط +	—	١٩	ثالثة كبيرة، زائدة فاصلة
		٩ ي	٩	٢١	رابعة متوسطة
+	فا	١٠ ك	١٠	٢٢	رابعة تامة
		١٠ك +	—	٢٣	ثالثة مزيدة. رابعة تامة زائدة فاصلة
		١١ ل	١١	٢٦	خامسة منقوصة
+		١٢ م	١٢	٢٧	رابعة مزيدة. تريتون
+		١٣ن	١٣	٣٠	سادسة منقوصة. خامسة متوسطة
+	صول	١٤س	١٤	٣١	خامسة تامة
		١٤س+	—	٣٢	خامسة تامة زائدة فاصلة
		١٥ع	١٥	٣٥	سادسة صغيرة
+		١٦ف	١٦	٣٦	خامسة مزيدة
+		١٧ ص	١٧	٣٩	سابعة منقوصة. سادسة متوسطة
+	لا	١٨ ق	١٨	٤٠	سادسة كبيرة
		١٨ ق+	—	٤١	سادسة كبيرة زائدة فاصلة
		١٩ ر -	—	٤٣	سابعة صغيرة ناقصة فاصلة
		١٩ ر	١٩	٤٤	سابعة صغيرة
+		٢٠ ش	٢٠	٤٥	سادسة مزيدة
+		٢١ ت	٢١	٤٨	ثامنة منقوصة. سابعة متوسطة
+	سي	٢٢ خ	٢٢	٤٩	سابعة كبيرة
		٢٣ ذ	٢٣	٥٢	تاسعة منقوصة. ثامنة متوسطة
	دو	٢٤ ض	٢٤	٥٣	ثامنة تامة

ز ـ وجهات التضارب بين معايير المقاييس والسلم

لقد عثرنا على عدد من العناصر أو وحدات لقياس الرفع والرخم في الصوت، وقياس الأبعاد بين صوتين أو أكثر، وكيفية ترتيب الأصوات في إطار نظام صوتي - سمعي. هذه العناصر، ومنها النسب الحسابية، والمقاييس الطولية المستخرجة من النسب، والوحدات القياسية مثل الهيرتز، والسافارت أو السنت (ولن نذكر إلا الأخير رامزين إليه بإشارة"ْ")، والدرجات المكونة من فواصل والممثلة بالفاصلة الهولدرية (ومنها تسع للطنين وثلاث وخمسون للديوان)، ولائحة التحويلات «أرابيسك» (الذي يقسم الطنين إلى تسعة مراجع مثل الفاصلة الهولدرية)، لائحة التسميات ج. ك. شابربيه للأربعة وعشرين إصبعاً - درجة في الديوان؛ كل هذا سيسمح لنا، في المرحلة البائية، التقارب في اختبار الإمكانيات النظرية للسلم الواقعي للأصوات.

في البداية سنعرض السلم الملون الفيثاغوري[٥] كما يُعزف على عود أوتاره طولها ٦٠٠ ملم. للتسهيل، سنفترض أن الوتر المطلق صوته دو ٢، وسنرتب لائحة جديدة كما يلي:

العمود الأول: اسم النوتات من دو إلى دو مع التحويلات بحسب لائحة «الأرابيسك».

العمود الثاني: موضع الإصبع على الوتر منطلقين من اليسار أي المفاتيح، للحصول على صوت معين.

العمود الثالث: النسبة العددية مع طول الوتر.

العمود الرابع: البعد بالسنت للوتر المطلق.

العمود الخامس: البعد بالفواصل الهولدرية.

العمود السادس: لائحة ج.ك.ش.

العمود السابع: تلخيص لاسم البُعد.

العمود الثامن: الاسم الكامل للبُعد الفيثاغوري.

---

(٥) إن السلم الفيثاغوري المستخدم هو كما جاء في رسائل صفي الدين الأرموي البغدادي الذي عاش في القرن الثالث عشر، مع الأخذ بعين الاعتبار التطوير الذي طرأ على هذا السلم في تركيا. هذا السلم يتطابق مع السلم الذي يمكن أن يستنبطه في القرن العشرين عازف عود ذو مستوى موسيقي رفيع من العراق أو من تركيا.

الجدول رقم (١٧ ـ ٣)

جدول المقارنة، تحقيق سلم كروماتي (ملون) فيثاغوري على وتر ما جان كلود شابربيه. ١٩٨٧

النوطة من الدو		ملم ٦٠٠ ملم للوتر	النسبة الحسابية طول الوتر الذي يهتز	سنت	هولدر	لائحة ج. ك. ش.	اختصار	اسم البعد
دو	♮	مطلق	١/١	صفر	صفر	صفر أ	...	...
دو	+	٨,٠٧	٥٣١٤٤١/٥٢٤٢٨٨	٢٣,٥	١,٠٤	صفر أ +	+	فاصلة فيثاغورية
ره	♭	٣٠,٤٧	٢٥٦/٢٤٣	٩٠,٢	٤	١ ب	٢ ص	باقية. ثانية صغيرة
دو	♯	٣٨,١٣	٢١٨٧/٢٠٤٨	١١٣,٧	٥	٢ ج	-	متمم
ره	𝄳	٥٩,٣٩	٦٥٥٣٦/٥٩٠٤٩	١٨٠,٥	٨	٣ د	٢ م	تتمة. ثانية متوسطة ثالثة منقوصة
ره	♮	٦٦,٦٦	٩/٨	٢٠٣,٩	٩	٤ هـ	٢ ك	طنين. ثانية كبيرة
ره	+	٧٣,٨	٤٧٨٢٩٦٩/٤١٩٤٣٠٤	٢٢٨	١٠	٤ هـ +	٢ +	ثانية كبيرة زائدة فاصلة
مي	♭	٩٣,٧٥	٣٢/٢٧	٢٩٤,١	١٣	٥ و	٣ ص	ثالثة صغيرة
ره	♯	١٠٠,٥٦	١٩٦٨٣/١٦٣٨٤	٣١٧,٦	١٤	٦ ز	٢ ض	ثانية مزيدة
مي	𝄳	١١٩,٤٦	٨١٨٢/٦٥٦١	٣٨٤,٤	١٧	٧ ح	٣ م	ثالثة متوسطة. رابعة منقوصة
مي	♮	١٢٥,٩٢	٨١/٦٤	٤٠٧,٨	١٨	٨ ط	٣ ك	ثالثة كبيرة. ذو الصوتين
مي	+	١٣١,٩	٤٣٠٤٦٧٢١/٣٣٥٥٤٤٣٢	٤٣٢	١٩	٨ ط +	٣ +	ثالثة كبيرة زائدة فاصلة
فا	𝄳	١٤٣,٩	٢٠٩٧١٥٢/١٥٩٤٣٢٣	٤٧٤	٢١	٩ ي	٤ م	رابعة متوسطة
فا	♮	١٥٠	٤/٣	٤٩٨	٢٢	١٠ ك	٤ تا	رابعة تامة
فا	+	١٥٦	١٧٧١٤٧/١٣١٠٧٢	٥٢١,٥	٢٣	١٠ ك +	٣ ض	ثالثة مزيدة. رابعة زائدة فاصلة
صول	♭	١٧٢,٨٥	١٠٢٤/٧٢٩	٥٨٨,٣	٢٦	١١ ل	٥ ن	خامسة منقوصة
فا	♯	١٧٨,٦	٧٢٩/٥١٢	٦١١,٧	٢٧	١٢ م	٤ ض	رابعة مزيدة. تريتون
صول	♭	١٩٤,٥	٢٦٢١٤٤/١٧٧١٤٧	٦٧٨,٥	٣٠	١٣ ن	٥ م	سادسة منقوصة. خامسة متوسطة

يتبع

صول ♮	٢٠٠	٣/٢	٧٠٢	٣١	١٤ س	٥ تا	خامسة تامة
صول +	٢٠٥,٤	١٥٩٤٣٢٣/١٠٤٨٥٧٦	٧٢٦	٣٢	١٤ س +	٥ +	خامسة تامة زائدة فاصلة
لا ♭	٢٢٠,٤	١٢٨/٨١	٧٩٢,٢	٣٥	١٥ ع	٦ ص	سادسة صغيرة
صول ♯	٢٢٥,٤	٦٥٦١/٤٠٩٦	٨١٥,٦	٣٦	١٦ ف	٥ ض	خامسة مزيدة
لا ♭̸	٢٣٩,٥	٣٢٧٦٨/١٩٦٨٣	٨٨٢,٤	٣٩	١٧ ص	٦ م	سابعة منقوصة. سادسة متوسطة
لا ♮	٢٤٤,٤	٢٧/١٦	٩٠٥,٩	٤٠	١٨ ق	٦ ك	سادسة كبيرة
لا +	٢٤٩,١	١٤٣٤٨٩٠٧/٨٣٨٨٦٠٨	٩٣٠	٤١	١٨ ق +	٦ +	سادسة كبيرة زائدة
لا ♯̸	٢٥٧,٨	٨٣٨٨٦٠٨/٤٧٨٢٩٦٩	٩٧٢	٤٣	١٩ ر-	–	سابعة صغيرة ناقصة فاصلة
سي ♭	٢٦٢,٥	١٦/٩	٩٩٦,١	٤٤	١٩ ر	٧ ص	سابعة صغيرة
لا ♯	٢٦٧	٥٩٠٤٩/٣٢٧٦٨	١٠١٩,٦	٤٥	٢٠ ش	٦ ض	سادسة مزيدة
سي ♭̸	٢٧٩,٦	٤٠٩٦/٢١٨٧	١٠٨٦,٣	٤٨	٢١ ت	٧ م	ديوان منقوص. سابعة متوسطة
سي ♮	٢٨٤	٢٤٣/١٢٨	١١٠٩,٨	٤٩	٢٢ خ	٧ ك	سابعة كبيرة
دو ♭̸	٢٩٥,٩	١٠٤٨٥٧٦/٥٣١٤٤١	١١٧٦,٥	٥٢	٢٣ ذ	٨ م	تاسعة منقوصة. ثامنة متوسطة
دو ♮	٣٠٠	٢/١	١٢٠٠	٥٣	٢٤ ض	٨ تا	ديوان تام (أي ثامنة تامة)

ثالثاً: مراحل النظريات الموسيقية العربية

سنعتبر أن معطيات علم الصوت أصبحت معلومة. وهكذا، فإن نسيج الديوان لم يعد مجهولاً، وكل ما سيُطرح عن تطور النظريات الموسيقية كما وصفت في الثقافة العربية ـ الإسلامية يكون من ضمن حقل مدروس.

انكب العلماء على توضيح بعض الأبعاد الاختبارية مثل الثانية المتوسطة الموجودة بين بُعد النصف الصوت والصوت الكامل، هذا ومن أوائل عهود الإسلام. ونحدد هذا البُعد وكأنه ثلاثة أرباع الصوت. كما يُعتبرُ بُعد الثالثة المتوسطة، الموجود بين الثالثة الصغيرة والثالثة الكبيرة، وكأنه مكون من سبعة أرباع الصوت.

وعلينا التطرق إلى وصف الأنظمة التي تتابعت في الموسيقى العربية في هذا المجال.

١ ـ النظام الصوتي السمعي في الجاهلية الأولى

قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً.

الجدول رقم (١٧ ـ ٤)
النظام الصوتي السمعي في الجاهلية الأولى (قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً)

ملم الوتر طوله ٦٠٠ ملم	النسبة	السنت ١٢٠٠ في الديوان	هولدر ٣٥ في الديوان	لائحة ج.ك.ش.	معادلة أو تفسير (انظر جدول المقارنة، حرف «د»)
١٥	٤٠/٣٩	٤٤	ـ٢	١ ب	أقل من ربع الصوت، دييز إيراتوستيني
٣٠	٢٠/١٩ = ٤٠/٣٨	٨٩	ـ٤	٢ ج	أقل من باقية فيثاغورس، أقل من كروماتي دوليزين
٤٥	٤٠/٣٧	١٣٥	+٦	٣ د	أكبر من دياتوني زارلينو (٢٥/٢٧)، أقل من ثانية متوسطة ابن سينا، ١٢/١٣
٦٠	١٠/٩ = ٤٠/٣٦	١٨٢	٨	٤ هـ	بُعد الصوت الصغير
٧٥	٨/٧ = ٤٠/٣٥	٢٣١	١٠	٥ و	بُعد الصوت الأكبر، الطنين الكبير (انظر إيران القرن العشرين)
٩٠	٢٠/١٧ = ٤٠/٣٤	٢٨١	١٢,٤	٦ ز	ما بين الثانية المزيدة الطبيعية والثالثة الصغيرة الفيثاغورية
١٠٥	٤٠/٣٣	ـ	ـ١٥	٧ ح	ما بين الثانية المزيدة الفيثاغورية والثالثة المتوسطة السفلى (٣٢/٣٩)
١٢٠	٥/٤ = ٤٠/٣٢	٣٨٦	١٧	٨ ط	الثالثة الكبيرة الهارمونية الطبيعية

يتبع

١٣٥	٤٠/٣١	-	١٩,٥	٩ ي	رابعة منقوصة
١٥٠	٤٠/٣٠ = ٤/٣	٤٩٨	٢٢	١٠ ك	رابعة تامة
١٦٥	٤٠/٢٩	–	٢٤,٥	١١ ل	أقل من الرابعة المنقوصة زارلينو (١٨/٢٥)، ٥٧٠ سنت، ١٦٨ ملم، ٢٥ هولدر)
١٨٠	٤٠/٢٨ = ١٠/٧	٦١٧	٢٧ +	١٢ م	تريتون طبيعي (الرابعة الهارمونية الطبيعية المضعفة)
١٩٥	٤٠/٢٧	–	٣٠	١٣ ن	خامسة قصيرة من الدوزان الأوروبي غير المعتدل
٢١٠	٤٠/٢٦ = ٢٠/١٣	–	٣٣	١٤ س	أكبر من خامسة الذئب (١٢٥/١٩٢) دوزان غير معتدل
٢٢٥	٤٠/٢٥ = ٨/٥	٨١٤	٣٦	١٥ ع	سادسة صغيرة هارمونية طبيعية
٢٤٠	٤٠/٢٤ = ٥/٣	٨٨٤	٣٩	١٦ ف	سادسة كبيرة هارمونية طبيعية
٢٥٥	٤٠/٢٣	–	٤٢	١٧ ص	أكبر من سادسة مضعفة لزارلينو (٧٢/١٢٥)
٢٧٠	٤٠/٢٢ = ٢٠/١١	–	٤٦	١٨ ق	أكبر من سابعة صغيرة لزارلينو. أكبر من سابعة مضعفة فيثاغورية
٢٨٥	٤٠/٢٠	–	٤٩	١٩ ر	أكبر من سابعة كبيرة فيثاغورية (١٢٨/٢٤٣)
٣٠٠	٤٠/٢٠ = ٢/١	١٢٠٠	٥٣	٢٠ ش	الديوان (الأوكتاف)

ليس لدينا الكافي من الدلائل لتفهم نظريات موسيقى العرب في الجاهلية. لكنه باستطاعتنا استشارة **كتاب الموسيقى الكبير** للفارابي وهو من أشهر علماء الموسيقى في العالم العربي - الإسلامي. ويصف في الكتاب الثاني، الحديث الثاني، آلة الطنبور البغدادي بعبارات دقيقة[٦].

ويصف الفارابي[٧] نظاماً صوتياً سمعياً ينسبه إلى موسيقيي ما قبل الإسلام، والذين عزفوا على عود ذي زند طويل (طنبور) بوضعهم خمسة دساتين - منطلقين من المفاتيح - متساويين في المسافة، المسافة الواحدة تساوي جزءاً من أربعين من طول الوتر. وإذا افترضنا طول الوتر ٦٠٠ ملم فتكون مسافة الدساتين من المفاتيح كما يلي: الأول ١٥ ملم، الثاني ٣٠ ملم، الثالث ٤٥ ملم، الرابع ٦٠ ملم، الخامس ٧٥ ملم، هذه الدساتين تُسمى

(٦) انظر: Rodolphe d'Erlanger, *La Musique arabe*, 6 vols. (Paris: Geuthner, 1930-1959), vol. 1: *Tunbūr de Baghdad*, pp. 218-242.

(٧) الفارابي وهو العالم الأكثر تخصصاً من بين علماء الحضارة العربية الإسلامية في القرون الوسطى الأولى (القرن العاشر)، يضع نظاماً صوتياً لآلة العود يتبع فيه نمط الفيثاغوريين، ويضع نظاماً صوتياً لآلة =

«وثنية»؛ وتُستخدم ـ يقول الفارابي ـ لعزف ألحان وثنية؛ (وكلمة وثني هنا تأتي بمعناها الجاهلي). هذه الدساتين موزعة على ما بين موضع المفاتيح وثُمن الوتر (٧/٨؛ ٧٥ ملم لوتر طوله ٦٠٠ ملم)، وتتحكم بها أربعة أصابع. لا يُعزف إذاً إلا على جزء من الوتر لا يتعدى الثانية الأكبر، الطنين الأكبر؛ في حال تقبلنا مثل هذا التفسير، نستطيع أن نستخلص أنه مهما كان البُعد بين وترين متتاليين فإن العزف على هذه الآلة لا يكون إلا لألحان بدائية جداً.

وبما أن المسافة متساوية بين الدساتين، فإن الأبعاد الصوتية الناتجة غير متساوية. وهذا ما يدفع الفارابي إلى طرح وضع دساتين ذات مسافات تناقصية للحصول على أبعاد صوتية ثابتة.

ويكمل الفارابي عرضه ذاكراً وجود ثلاثة دساتين إضافية ما بين ثُمن طول الوتر أي بالنسبة الصوتية٧/٨(*) وخمس طول الوتر أي بالنسبة الصوتية ٤/ ٥(**)، بالمسافات الآتية ٩٠ ملم، ١٠٥ ملم، و١٢٠ ملم. كما أنه يستشرف زيادة دستانين على المواضع الآتية، ٣١/ ٤٠ : ١٣٥ ملم، و٣٠/ ٤٠ = ٣/ ٤ : ١٥٠ ملم (ربع طول الوتر) بما يسمح للوصول إلى بُعد الرابعة. ويُفسر أنه بزيادة هذين البعدين بطريقة تمكنهما من أن يتجانسا مع الدساتين ذات المسافات المتناقصة، نحصلُ على أبعاد صوتية متساوية بحسب نظام يسميه «أنثوياً» (Féminin).

ويذكر الفارابي الإمكانيات الواردة في دوزان الوترين أو الثلاثة للطنبور البغدادي. لذلك فباستطاعتنا دوزان أوتارهم بنفس الصوت ـ ما يضيق المنطقة الصوتية للآلة ـ كما نستطيع أن ندوزنهم مفصولين ببُعد الباقية ـ ما يُظن غير ملائم ـ أو أحسن من ذلك، وحسب الفارابي أن تدوزن أوتار تلك الآلات ببُعد الرابعة، (ما يعطي إمكانيات لحنية مقبولة)(٨).

وكرر الفارابي بأن هذا النظام الصوتي السمعي الجاهلي ما زال موجوداً في القرن العاشر ومستخدماً على الطنبور البغدادي لدى بعض الموسيقيين، كما أن التأكيد على قدرات تحسين مثل هذا النظام، قد أدى إلى شيوع الفكرة بأن هذا الدوزان هو فعلاً الدوزان العربي

= العود أيضاً يتبع فيه النظام الهارموني الطبيعي، كما أنه واضع النظام الصوتي الفيثاغوري الفاصلي لآلة الطنبور الخراساني، وأخيراً يدرس النظام الصوتي الذي يقسم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً على آلة الطنبور البغدادية. كل هذه الأنظمة الصوتية تتباين في: أبو نصر محمد بن محمد الفارابي، **كتاب الموسيقى الكبير** (القاهرة: دار الكتاب العربي، ١٩٣٧). انظر الترجمة الفرنسية له، في: Erlanger, Ibid., vols. 1 - 2.

(*) أو ما بين ثمن طول الوتر فيبقى منه ٨/ ٧ رنّانة وتكون نسبة الذبذبات الصوتية ٧/ ٨ . (المترجم).

(**) أو ما بين خمس طول الوتر فيبقى منه ٥/ ٤ رنّانة فتكون إذاً نسبة هذا الطول الصوتية ٤/ ٥ . (المترجم).

(٨) Erlanger, Ibid., vol. 1.

الجاهلي بالنسبة للباحثين كوسغارتن (Kosegarten)، وفارمر (Farmer) وباركشلي (Barkechli)[٩].

لكن مثل هذا التأكيد يؤدي إلى خطأ أكبر لأن طريقة قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً، أي الديوان الأول إلى عشرين جزءاً، هي طريقة قديمة نجدها على وجه الخصوص عند إيراتوستين[١٠]؛ فهذا الدوزان إذاً لا يخص العرب على وجه الخصوص.

وقسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً يستأهل بعض الاهتمام بغض النظر إن كان هذا النظام الصوتي عربياً أو غير عربي. وسنكمل نحن هذا النظام لنغطي الديوان (الأوكتاف) مع العلم أن الفارابي اقتصر في دراسته لهذا الموضوع على بُعد الخامسة.

سيتمثل لدينا على الجدول ومن اليسار إلى اليمين:

- عدد المليمترات من وتر طوله ٦٠٠ ملم منطلقين من المفاتيح.
- النسب الحسابية واختزالاتها.
- القيمة بالسنت مع العلم أن هنالك ١٢٠٠ سنت للديوان.
- القيمة بالفواصل الهولدرية معتمدين ٥٣ هولدراً للديوان.
- التحديد بحسب لائحة ج.ك. شابرييه (٢٤ دليلاً للديوان).
- معادلة أو تعليق.

علماً بأن الفقرات الثلاث الأخيرة ليست مذكورة دائماً.

مع أن بدائية مثل هذا النظام لم تسمح له بالاستمرارية، وبخاصة وأنه ينقصه العديد من الأبعاد والنغمات، لكنه من المثير ملاحظة دخول هذا النظام على مستوى الأصابع - الدرجات - بأبعادٍ موجودة في أنظمة أخرى وبخاصة في النظام الطبيعي الهارموني:

---

(٩) انظر: Henry George Farmer, «Mūsīkī,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, p. 801, et Mehdi Barkechli, «La Musique iranienne,» dans: Roland Manuel, ed., *Histoire de la musique*, encyclopédie de la plélade; 9, 16 (Paris: Gallimard, 1960), pp. 453-525.

(١٠) Farmer, Ibid., p. 801.

الجدول رقم (١٧ ـ ٥)
القاسم المشترك ما بين نظام تقسيم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً والنظام الهارموني الطبيعي

دستان ٣٠ ملم	٨٩°	٢٠/١٩ = ٤٠/٣٨	أقل من باقية، أقل من كروماتي دوليزين
٦٠ ملم	١٨٢°	١٠/٩ = ٤٠/٣٦	الطنين الصغير الطبيعي الهارموني
٧٥ ملم	٢٣١°	٨/٧ = ٤٠/٣٥	الطنين الأكبر، بعد الصوت الأكبر
١٢٠ ملم	٢٣١°	٥/٤ = ٤٠/٣٢	الثالثة الكبيرة الهارمونية الطبيعية
١٥٠ ملم	٤٩٨°	٤/٣ = ٤٠/٣٠	رابعة تامة
١٨٠ ملم	٦١٧°	١٠/٧ = ٤٠/٢٨	التريتون (بعد الثلاث أصوات) الهارموني الطبيعي
١٩٥ ملم	٦٨٠°	٤٠/٢٧	خامسة قصيرة
٢١٠ ملم		٢٠/١٣ = ٤٠/٢٦	أكبر من خامسة الذئب (١٢٥/١٩٢)
٢٢٥ ملم	٨١٤°	٨/٥ = ٤٠/٢٥	السادسة الصغيرة الهارمونية الطبيعية
٢٤٠ ملم	٨٨٤°	٥/٣ = ٤٠/٢٤	السادسة الكبيرة الهارمونية الطبيعية
٢٥٥ ملم		٤٠/٢٣	أكبر من السادسة المضعفة لزارلينو
٢٨٥ ملم		٤٠/٢١	أكبر من السابعة الكبيرة الفيثاغورية
٣٠٠ ملم		٢/١ = ٤٠/٢٠	الأوكتاف (الديوان)

نلاحظ أنه ينقص هذا النظام بُعد الصوت (الكبير) أو الطنين، وبُعد الخامسة التامة، لكنه يتضمن أصابع - درجات تستوعب ثانية وثالثة متوسطة والتي سنتطرق لها في كل الأنظمة الموسيقية التي ستأتي في ما بعد (لكن مع بعض التراوح في الاهتزازات).

٢ - الأنظمة الصوتية منذ فجر الثقافة العربية الإسلامية حتى انحدارها

أ - النظام الفيثاغوري في العالم الإسلامي

الموصلي (عود، القرن التاسع).

الكندي (عود، القرن التاسع).

ابن المنجم (عود، القرن العاشر).

الفارابي (الجنك، القرن العاشر).

الجدول رقم (١٧ - ٦)

النظام الفيثاغوري في القرون الأولى للإسلام (الموصلي، الكندي)

ملم الوتر ٦٠٠ ملم	النسبة	السنت حسب فارمر	الفواصل	أصابع - درجات	تعليق، معادلة (انظر جدول المقارنة، العمود الأول)
٣٠,٤٧	٢٥٦/٢٤٣	٩٠° ٢	٤	(مُجنب - السبابة)	باقية (ليست بالسبابة)
٣٨,١٣	٢١٨٧/٢٠٤٨	١١٣° ٧	٥	(مُجنب - السبابة)	مُتمم (ليست بالسبابة)
٦٦,٦٦	٩/٨	٢٠٣° ٩	٩	سبابة	طنين، صوت كبير
٩٣,٧٥	٣٢/٢٧	٢٩٤° ١	١٣	وسطى القدامى	ثالثة صغيرة
١٢٥,٩٢	٨١/٦٤	٤٠٧° ٨	١٨	بنصر	ثالثة كبيرة
١٥٠	٤/٣	٤٩٨°	٢٢	خنصر	رابعة تامة
١٧٨,٦	٧٢٩/٥١٢	٦١١° ٧	٢٧	مخالف	تريتون، رابعة مزيدة
٢٠٠	٣١٢	٧٠٢°	٣١	الوتر المجاور المطلق	خامسة تامة

إن وجهات النظر والاتجاهات الموسيقية في القرون الأولى للإسلام معروفة من خلال كتابات الكندي (القرن التاسع) وابن المنجم (القرن العاشر)، وترجمات المستشرقين الكبار مثل روانيه (Rouanet) وديرلانجيه (D'Erlanger) وفارمر (Farmer)[١١].

(١١) يذكر فارمر (Farmer) مخطوطات مختلفة ثلاث للكندي ويذكر تأثير إقليدس وبطلميوس في المخطوطة الثالثة. أما تفسير نظريات الكندي فهي ليست مطابقة ولا حتى بقلم فارمر. يعطينا فارمر تفسيرَيْن لنظرية الكندي، انظر: المصدر نفسه، و«Arabian Music,» in: Sir George Grove, *Grove's Dictionary of Music and Musicians,* edited by J. A. Fuller Maitland, 5 vols., (Philadelphia, PA.: T. Presser Co., 1916).

وبحسب ابن المنجم فإن إسحاق الموصلي، وهو عازف عود في بلاط الخلفاء العباسيين، وعالم بالقانون وإنسان مثقف متعصب للكلاسيكية الموسيقية، يطبق النظرية الفيثاغورية أي نظريات «القدامى» (الإغريق) مع أنه يعلن عن عدم معرفته بمثل هذه النظريات. وفي رسالة للكندي فإن دساتين (مواضع الأصابع) آلة العود تتطابق مع النظرية الفيثاغورية[12].

إن فصل النظريات الموسيقية عن الاختبارات الصوتية ومسافاتها الوترية على آلة المونوكورد، لهو مستحيل في هذا العهد. ويذكر أن آلة المونوكود تستبدل عادة بزند آلة العود وبأوتاره المدوزنة بالرابعة التامة. بذلك نستطيع تحقيق سبعة مواضع للأصابع - درجات من مقام سباعي على وترين متتاليين مستخدمين أصابع أربعة من اليد اليسرى.

وبما أن العازف لا يتخطى بُعد الرابعة في كل وتر فعزف البُعد الثامن (أي جواب الصوت الأول) لا يحصل على الوتر الثاني إلا «بمخالفة» العزف أي بتنقيل اليد اليسرى على الزند نحو «بطن» الآلة (ما يُسمى عادةً بالصندوق) - وفي بعض الحالات يصل الإصبع المخالف إلى ما بعد وسط الآلة ناحية مكان ربط الأوتار للوصول إلى الجوابات الرقيقة. إن الأصوات الناتجة هي «جواب» (مرادف موسيقي بصوت رفيع) للصوت الرخيم الموجود على الوتر الأول، وإذا كان الصوت الرخيم هو مطلق الوتر الأول فيكون الوضع المخالف على الوتر الثاني هو موضع بعد الخامسة منه.

هذه الطريقة المكونة من دراسة نظام صوتي - سمعي على زند آلة العود تسمى بنظرية «الأصابع»، وتُحدد هذه الطريقة وفي ذاك الزمن ثمانية طبوع (مقامات) موسيقية وصفها الأصفهاني (من القرن العاشر) في **كتاب الأغاني** والذي حقّقه العديد من علماء الموسيقى والتاريخ والأدب في القرن العشرين[13].

---

(١٢) في ما يتعلق بالنظام الفيثاغوري في الثقافة الإسلامية (الموصلي، ابن المنجم، الكندي، الأصفهاني)، انظر: Jules Rouanet, «La Musique arabe,» dans: Albert Lavignac, ed., *Encyclopédie de la musique et dictionnaire du conservatoire* (Paris: C. Delagrave, 1913-1931), vol. 1, 5, pp. 2701-2704; Erlanger, *La Musique arabe,* vol. 3, p. 592; Farmer, Ibid., pp. 801-803; Henry George Farmer: «The Origin of Arabian Lute and Rebec,» (1930), and «The Lute Scale of Avicenna,» *Journal of the Royal Asiatic Society* (April 1937); Mahmoud Guettat, *La Musique classique du Maghreb,* la bibliothèque arabe, collection hommes et sociétés (Paris: Sindbad, 1980), pp. 60-81, et Jean Claude Chabrier, «Un mouvement de réhabilitation de la musique arabe et du luth oriental: L'Ecole de Bagdad de Cherif Muhieddin à Munīr Bachīr,» (Thèse dactylographiée, La Sorbonne, Paris, 1976), pp. 368-370.

نلاحظ أن بعض الكتاب العرب من المعاصرين ساءهم أن أصل هذا النظام هو فيثاغوري وكانوا يودون لو وجدوا له جذوراً سامية أو عربية.

(١٣) انظر: أبو الفرج علي بن الحسين الأصبهاني، **كتاب الأغاني**، تحقيق علي محمد البجاوي، ٢٤ج (القاهرة: دار الكتب المصرية، القسم الأدبي، ١٩٢٧ - ١٩٧٤)، ج ٥، ص ٢٧٠، أو الطبعة الأخرى له: =

والواقع أن هذا النظام ليس إلا نظاماً فيثاغورياً مبسّطاً، فلا يدخله أي أصبع - درجة من النوع الغريب، أي الذي يُحدد بُعداً من الأبعاد المتوسطة - بُعد ثانية متوسطة أو بُعد ثالثة متوسطة. أبعاد هذا النظام هي الباقية، المتمم، بُعد الصوت (الطنين)، الثالثة الصغيرة، الثالثة الكبيرة، الرابعة التامة، الرابعة المزيدة (تريتون)[١٤]، والخامسة التامة على الوتر التالي.

الجدول رقم (١٧ - ٧)

النظام الصوتي لزلزل المقابل للنظام الفيثاغوري (القرن الثامن)، قسمة الأوتار الطولية الاختبارية

ملم من وتر طوله ٦٠٠ ملم	النسبة	السنت (فارمر)	الفواصل (ج. ك. ش.)	إصبع - درجة على آلة العود	تعليق، معادلة (نظر جدول المقارنة، العمود الثاني)
٣٠,٤٧	٢٥٦/٢٤٣	٢ ٩٠°	٤	مُجنب القديمة	باقية (وهي مستمرة في كل الأنظمة)
٤٨,١٥	١٦٢/١٤٩	١٥٤°	٦,٤	مُجنب الفرس	أقل من ثلاثة أرباع الصوت
٥٥,٥٥	٥٤/٤٩	١٦٨°	٧,٤	مجنب زلزل	أقل من بُعد الطنين الصغير
٦٦,٦٦	٩/٨	٩ ٢٠٣°	٩	سبابة	بُعد الطنين الفيثاغوري
٩٣,٧٥	٣٢/٢٧	١ ٩٤°	١٣	وسطى قديمة	ثالثة صغيرة فيثاغورية
٩٦,٣٠	٨١/٦٨	٣٠٣°	١٣,٤	وسطى الفرس	أكبر من ثالثة صغيرة
١١١,١١	٢٧/٢٢	٣٥٥°	١٥,٧	وسطى زلزل	ثالثة متوسطة
١٢٥,٩٢	٨١/٦٤	٨ ٢٠٧°	١٨	بنصر	ثالثة كبيرة فيثاغورية
١٥٠	٤/٣	٤٩٨°	٢٢	خنصر	رابعة تامة

وإذا أخذنا في الاعتبار أقوال العازفين كالموصلي، والرواة كالأصفهاني وابن المنجم، والنظريين كالكندي والفارابي، فتكون خصوصية هذا العصر هي تعدد الأنظمة الصوتية - السمعية وتعايشها. وهنالك على الأقل مجاورة نظام قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً، ونظام يشبه النظام الفيثاغوري محدداً أبعاداً مثل الباقية، المتمم، الطنين أو الثانية الكبيرة، الثالثة الصغيرة، بُعد الصوتين أو الثالثة الكبيرة، الرابعة، الرابعة المزيدة (التريتون) والخامسة. لقد رأينا وجوه التقابل الدقيقة (الرابعة التامة والديوان)، ووجوه التقابل التقريبي (الباقية، السابعة الكبيرة)، ما بين هذين النظامين.

ولا نستطيع الجزم على وجه الدقة بوجود نظريات صوتية أخرى مطبقة في ذلك العهد، لكننا نلاحظ أنه في أواخر القرن الثامن برز عوّاد بغدادي اسمه منصور زلزل - وهو صهر إبراهيم الموصلي أي زوج عمة إسحاق الموصلي - الذي استطاع إدخال مواضع جديدة، كزيادة للنظام الفيثاغوري، لأصابع - درجات حددها من خلال مواضع النظام الفيثاغوري العالمي. والمبدأ الأساسي الذي اعتمده زلزل لحساب المواضع هو قسمة المسافة

= ٢١ج في ١٠ (بولاق، مصر: المطبعة المصرية، ١٢٨٥هـ)، ج ٥، ص ٥٣، نقلاً عن: Erlanger, Ibid., vol. 4, p. 377.

(١٤) ذكر الفارابي بُعد الرابعة المزيدة (التريتون)، في: الفارابي، **كتاب الموسيقى الكبير**، انظر ترجمته، في: Erlanger, Ibid., vol. 1, livre 2: *Instruments, harpes*, pp. 286-304.

الموجودة بين إصبعين أو درجتين إلى مسافتين متساويتين واتخاذ الوسط الجديد كموضع لإصبع ـ درجة جديد. هذه الطريقة تشبه نوعاً ما طريقة قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً، أو لعلها مستوحاة منها.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار ما يعتقده فارمر، فإن الوسطى القديمة أو بُعد الثالثة الصغيرة الفيثاغورية (٢٧/٣٢؛ ١ °٢٩٤؛ ١٣ هـ، ٩٣,٧٥ ملم) وموضعها عادةً قبل بُعد الرابعة بطنين[١٥]، لكنها في هذه الحالة أكبر أو هنالك خطأ في حسابها. فإن موسيقيي ذلك الزمن يقسمون المسافة الموجودة بين موضع السبابة أي بُعد الثانية الكبيرة الفيثاغورية (٨/٩؛ ٩ °٢٠٣؛ ٩ هـ؛ ٦٦,٦٦ ملم) وموضع البنصر، أي بُعد الصوتين أو الثالثة الكبيرة الفيثاغورية (٦٤/٨١، ٨ °٤٠٧، ١٨هـ، ١٢٥,٩٢ ملم)، كما أنهم يحددون موضعاً جديداً للوسطى ـ بُعد الثالثة الصغيرة عادةً ـ يعطي صوت ثالثة صغيرة أرفع أو أعلى من الثالثة الصغيرة الفيثاغورية ويطلقون عليها اسم «وسطى الفرس» (٦٨/٨١، °٣٠٣، ١٣,٤ هـ، ٩٦,٢٩ ملم). هذه الطريقة في تقسيم الوتر إلى أجزاء متساوية ترفع الثالثة الصغيرة تسعة سنتات أي ما يقارب نصف الفاصلة.

وينقُصُنا تحديد ـ بطريقة التقسيم المتساوي للوتر ـ بُعد الثالثة المتوسطة وموضعها بين ثالثة الفرس الصغيرة (٦٨/٨١ . . . الخ) وبُعد الصوتين أو الثالثة الكبيرة الفيثاغورية (٦٤/٨١ . . . الخ)، هذا الموضع بين الثالثتين يعطي «وسطى زلزل» أو ثالثة زلزل المتوسطة (٢٢/٢٧، °٣٥٥، ١٥,٧ هـ، ١١١,١١ملم).

ومن الموضعين الجديدين يتحدد لدينا مرجعان للحساب، وهذان المرجعان قد تم سابقاً حساب الأصابع ـ الدرجات الجديدة الناتجة منهما:

ـ **مجنب الفرس**، وموضعه في نصف مسافة ثالثة الفرس الصغيرة (٦٨/٨١. . . الخ). والمفاتيح، وهو مجنب للسبابة (١٤٩/١٦٢، °١٤٥، ٦,٤ هـ، ٤٨,١٥ ملم)، يقل هذا البعد بشيء قليل من بعد ثلاثة أرباع الصوت. (رمزنا لهذا البعد في جدول الخامسة، سهم مشطوب بثلاثة خطوط صغيرة).

ـ **ثانية زلزل المتوسطة**، وموضعها في نصف مسافة وسطى زلزل أو ثالثة زلزل المتوسطة (٢٢/٢٧ . . . الخ) والمفاتيح، وهي أيضاً مجنب للسبابة (٤٩/٥٤، °١٦٨، ٧,٤ هـ، ٥٥,٥٥ ملم) أكبر بقليل من بُعد ثلاثة أرباع الصوت، وأصغر بقليل من بعد الطنين الصغير أو التتمة.

والواقع أن الأصابع أو الدرجات المتوسطة دخلت نظريات الموسيقى في أيام منصور زلزل، وهذه الأصابع ـ الدرجات هي مأخوذة من الموسيقى المحلية على الأرجح، وأن لقب «متوسطة» ليس إلا لقباً حديثاً، فالثالثة المتوسطة هي «وسطى زلزل»، أما موضع مجاور السبابة أي الثانية المتوسطة فهو «مجنب زلزل»، وثانية متوسطة أخرى هي «مجنب الفرس».

---

(١٥) انظر السطر الرابع من الجدول رقم (١٧ ـ ٦).

٣ ـ أنظمة الصوت الفيثاغورية الفارابية (القرن العاشر)

الفارابي هو من أعظم علماء الحضارة الإسلامية (توفي في دمشق عام ٣٣٩ هـ/ ٩٥٠م) وما يهمنا من علمه هنا هو الناحية الموسيقية تحديداً، وهو من أهم العلماء في هذا المجال. له كتاب **الموسيقى الكبير**، وقد سمحت لنا الترجمات الوافرة له (من العربية إلى لغات أجنبية) بالتحليل الدقيق لهذا المخطوط[١٦].

ويذكر الفارابي «القدامى» أي الإغريق، من بداية رسالته الكلاسيكية الشكل. ويحدد الموسيقى على أنها قادرة على تحريك إحساسات عدة، منها الترفيه أو التسلية، الخيال والخلجات، لكنه يعتبرها أقل قدرة على التأثير في الأحاسيس من الشعر. ويُحلل الفارابي بعد ذلك مسألة الأبعاد، و«الأجناس» الثمانية ويصفُ منها ثلاثة: جنس أساسي (كبير)، جنس متوسط، وجنس ثانوي (صغير)[١٧].

والكتاب الأول مُخصص لـ «مبادىء العلم الموسيقي والتأليف»، ثم يرجع إلى الأبعاد، ونلحظ شيئاً من النقص عنده في هذا المجال، إلا أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار أن حسابات الأبعاد ليست بالشيء العادي والسهل، وبخاصة في ذلك الزمن. كما أنه يستصعب قسمة بعد الطنين، ولا يصل إلا إلى مقاييس خطية على الوتر لا تفيد الغرض الموسيقي البحت. أما ربع الصوت أو «بُعد الإرخاء» فيأخذه من قسمة الطنين الفيثاغوري (٦٦,٦٦ ملم، ٩/٨، ٩ °٢٠٣، ٩ هولدر) إلى نصفي الصوت (نصفي الطنين) متساويين خطياً (الأول = ٣٣,٣٣ ملم، ١٨/١٧، °٩٨، ٤,٣٣ هولدر) ـ أو يأخذه من قسمة الطنين إلى أربعة أرباع متساوية المسافة الخطية على الوتر. وتكون نسب الأول منها: (١٦,٦٦ ملم، ٣٥/ ٣٦، °٤٩، ٢,١٧ هولدر). ويطرح الفارابي نصفين للطنين أي بُعدي نصف الصوت ذي النسبتين من نوع نسب «الكل والجزء» أي ١٨/١٧ و١٧/١٦[١٨].

وفي ما يخص النوطة ووصف المقامات يعود الفارابي إلى التسميات الإغريقية. وليس في دراسته للإيقاعات أي الأوزان والضروب، أي تجديد. لكنه يصف طريقة في بناء آلة المونوكورد التي تتيح وضع الأصوات عليها، وقياس المسافات والأبعاد الصوتية[١٩].

والكتاب الثاني من كتاب **الموسيقى الكبير**، يخصصه الفارابي للآلات، ويعتبر الآلات الموسيقية وسيلة في تدقيق النظريات الموسيقية. ويعالج في بحثه الأول من كتاب **الموسيقى الكبير** مواضع الأصابع (أي الدساتين أو الأصابع ـ الدرجات) على آلة العود، ثم يدرس السلم العام وطرق «شد» أوتار هذه الآلة. ونجد في هذا البحث الأولي المكونات الأساسية

---

(١٦) Erlanger, Ibid., vol. 1 et vol. 2, pp. 1-101.

(١٧) المصدر نفسه، مج ١،المقدمة، ص ١ ـ ٧٧.

(١٨) المصدر نفسه، مج ١، الكتاب الأول، ص ٧٩ ـ ١١٤.

(١٩) المصدر نفسه، مج ١، الكتاب الأول، ص ١١٥ ـ ١٦٢.

الجدول رقم (١٧ - ٨)

لائحة الفارابي، نوطات، أبعاد على العود؛ مجرى بُعد الرابعة؛ عشرة أصابع - درجات نظرية

اختصار ج. ك. ش.(*)	ملم من وتر ٦٠٠ ملم	الدرجة من بُعد الرابعة	النسبة	سنت	هولدر ٥٣ الديوان	لائحة ج. ك. ش.	اسم البُعد وحسابه على المونوكورد أو العود
–	صفر	–	–	صفر	صفر	صفر أ	الوتر المطلق
١/٤ ط	١٦,٦٦	–	٣٦/٣٥	٤٩°	٢,١٧	١ ب	ربع الصوت ناتج عن قسمة الوتر إلى أربعة أجزاء متساوية
٢ ص ث	٣٠,٤٧	١	٢٥٦/٢٤٣	٩٠° ٢	٤ –	١ ب	باقية فيثاغورية، مجنب السبابة، تتمة مطروح من رابعة
١/٢ ط	٣٣,٣٣	٢	١٨/١٧	٩٨°	٤,٣٣	٢ ج	نصف صوت، مجنب السبابة، أول من جزأين متساويين من المفاتيح إلى الطنين
١ م ث	٣٨,١٣	–	٢١٨٧/٢٠٤٨	١١٣° ٧	+ ٥	٢ ج	متمم فيثاغوري، مجنب السبابة، باقية مطروحة من طنين
٢ و ف	٤٨,١٥	٣	١٦٢/١٤٩	١٤٥°	٦,٤١	٣ د	ثانية الفرس المتوسطة، مجنب السبابة، أول من جزأين متساويين من المفاتيح ووسطى الفرس
٣/٤ ط	٥٠	–	١٢/١١	١٥١°	٦,٦٨	٣ د	ثلاثة أرباع الصوت، مرادف وسطى زلزل على الوتر الأول

يتبع

(*) اختصار ج. ك. ش.: ص = صغيرة؛ و = متوسطة؛ ك = كبيرة؛ م = مزيدة؛ ث = فيثاغورس؛ ف = الفُرس؛ ز = زلزل؛ ط = طنين.

تابع

٢ وز	٥٥,٥٥	٤	٥٤/٤٩	١٦٨°	٧,٤٣	٣ د	ثانية زلزل المتوسطة، مجنب السبابة، أول من جزأين متساويين من المفاتيح إلى وسطى زلزل
٢ ك ث	٦٦,٦٦	٥	٩/٨	٢٠٣° ٩	٩	٤ هـ	ثانية كبيرة، طنين فيثاغوري، سبابة، ١/٩ الوتر، خامسة ناقص رابعة
٣ ص ث	٩٣,٧٥	٦	٣٢/٢٧	٢٩٤° ١	١٣	٥ و	ثالثة صغيرة فيثاغورية، مُجنب الوسطى، رابعة ناقص طنين
٣ ص ف	٩٦,٢٩	٧	٨١/٦٨	٣٠٣°	١٣,٤	٥ و	ثالثة زلزل الصغيرة، وسطى الفرس، (من سلسلة تساوي الأجزاء، طنين، تتمة...)
٢ م ث	١٠٠,٥٦	-	١٩٦٨٣/١٦٣٨٤	٣١٧° ٦	١٤ +	٦ ز	ثانية مزيدة فيثاغورية، وسطى زلزل، بُعد الصوتين ناقص تتمة
٣ وز	١١١,١١	٨	٢٧/٢٢	٣٥٥°	١٥,٧	٧ ح	ثالثة زلزل المتوسطة، وسطى زلزل، (من سلسلة تساوي الأجزاء، وسطى الفرس، صوتين...)
٣ ك ث	١٢٥,٩٢	٩	٨١/٦٤	٤٠٧° ٨	١٨	٨ ط	ثالثة كبيرة فيثاغورية، بُعد الصوتين الفيثاغوري، رابعة ناقص باقية، (بنصر)
٤ ث	١٥٠	١٠	٤/٣	٤٩٨°	٢٢	١٠ ك	رابعة تامة، خنصر، ربع الوتر، ديوان ناقص خامسة

للبحث الموسيقي العلمي. ويستبعد الفارابي الاختراع والتزمُت العلمي، ويبتكر طريقة في المقاربة الموسوعية، يطرح فيها كل النظريات التي تطرق إليها، وكل العادات الموسيقية التي صادفها في العزف على هذه الآلة. فنجد في الدراسة لبُعد الرابعة على هذه الآلة هذه الأبعاد:

الجدول رقم (١٧ ـ ٩)

الفارابي، نوطة، أبعاد على العود، مجرى بعد الرابعة والأصابع ـ الدرجات التي تتخللها:

أرباع الصوت

ـ ربع الصوت، الربع الخطي للطنين: ١٦,٦٦ ملم، ٣٥/٣٦، ٤٩°، ٢,١٧ هـ.

مُجنب السبابة، أنصاف الصوت

١ ـ باقية فيثاغورية، رابعة ناقصة صوتين: ٣٠,٤٧ ملم، ٢٤٣/٢٥٦، ٢ ٩٠°، ٤ هـ.

٢ ـ نصف صوت، نصف المسافة من المفاتيح إلى دستان الطنين: ٣٣,٣٣ ملم، ١٧/١٨، ٩٨°، ٤,٣٣ هـ.

ـ مُتمم فيثاغوزي، طنين ناقص باقية: ٣٨,١٣ ملم، ٢٠٤٨/٢١٨٧، ٧ ١١٣°، ٥ هـ.

مجنب السبابة، أبعاد الثانية المتوسطة

٣ ـ ثانية الفرس المتوسطة، نصف المسافة من المفاتيح إلى وسطى الفرس: ٤٨,١٥ ملم، ١٤٩/١٦٢، ١٤٥°، ٦,٤١ هـ.

ـ ثلاثة أرباع الصوت، مرادف وسطى زلزل: ٥٠ ملم، ١٥١°، ٦,٦٨ هـ.

٤ ـ ثانية زلزل المتوسطة، نصف المسافة من المفاتيح إلى وسطى زلزل: ٥٥,٥٥ ملم، ٤٩/ ٥٤، ١٦٨°، ٧,٤٣ هـ.

السبابة، بعد الثانية الكبيرة أي الطنين

٥ ـ ثانية كبيرة فيثاغورية، خامسة ناقص رابعة: ٦٦,٦٦ ملم، ٨/٩، ٩ ٢٠٣°، ٩ هـ.

وسطى، أبعاد الثالثة الصغيرة، الثانية المزيدة، الثالثة المتوسطة

٦ ـ ثالثة صغيرة فيثاغورية، مجنب الوسطى، رابعة ناقص طنين: ٩٣,٧٥ ملم، ٢٧/٣٢، ١ ٢٩٤°، ١٣ هـ.

٧ ـ ثالثة الفُرس الصغيرة، وسطى الفُرس لزلزل: ٩٦,٢٩ ملم، ٦٨/ ٨١، ٣٠٣°، ١٣,٤ هـ.

يتبع

تابع

ـ ثانية مزيدة فيثاغورية، وسطى زلزل العريضة، صوتين ناقص باقية: ١٠٠,٥٦ ملم، ١٩٦٨٣/١٦٣٨٤، ٦ °٣١٧، ١٤ هـ.

٨ ـ ثالثة زلزل المتوسطة، وسطى زلزل، نصف المسافة بين وسطى الفُرس والصوتين: ١١١,١١ ملم، ٢٧/٢٢، °٣٥٥، ١٥,٧ هـ.

البنصر، بعد الثالثة الكبيرة أي بُعد الصوتين

٩ ـ ثالثة كبيرة فيثاغورية أو بُعد الصوتين، رابعة ناقص باقية: ١٢٥,٩٢ ملم، ٨١/٦٤، ٨ °٤٠٧، ١٨ هـ.

الخنصر، بعد الرابعة

١٠ ـ رابعة تامة فيثاغورية، ربع الوتر، الديوان ناقص الخامسة: ١٥٠ ملم، ٣/٤، °٤٩٨، ٢٢ هـ.

كما ذكرنا آنفاً، فإن تفسير الفارابي للسلم الموسيقي للعود يظهر لنا مقدرة هذا المفكر العلمية وطريقته الموسوعية (Encyclopédique)، فهو يذكر مواضع كل الأصابع ـ الدرجات الواردة في السلم النظري الموسيقي، وهي: الربع الصوت، النصف الصوت بأنواعه الثلاثة، الثانيات المتوسطة بأنواعها الثلاثة، الطنين، الوسطى بأنواعها الأربعة (ثالثات صغيرة، ثانيات مزيدة، ثالثات متوسطة)، ثالثة كبيرة، ورابعة تامة. ما يعطي أربعة عشر أصبعاً ـ درجة للرابعة، أي عدة أنظمة صوتية[٢٠].

ويحدد الفارابي، ومنذ ذلك الزمن عدد الأصابع ـ درجات، إلى عشرة في بُعد الرابعة: «إذا عددنا النغمات التي تعطيها الدساتين المذكورة، وجمعناها مع النغمات التي تعطيها الأوتار في كل طولها، نجد أن كل وتر يعطي عشر مع النغمات (درجات، نوطات)»[٢١].

ونستطيع أن نتصور أن قسمة بُعد الرابعة إلى عشرة أصوات هي من عمل الفارابي.

وبما أن أي مقام لا يستخدم إلا أربع درجات في بُعد الرابعة وسبع درجات للديوان (بُعد الثامنة)، فلا يدخله إلا نموذج واحد من كل بُعد: نموذج واحد لبُعد الثانية، الثالثة، الرابعة، . . . كما يتم اختيار واحد للدرجات ولا يتغير إلا بحسب التعديلات أو التحويرات.

إن الفارابي واضح جداً في تحديد الفرق الموجود بين درجات السلم النظرية، والدرجات (أو الأصابع ـ درجات) التي يتم اختيارها بالنسبة للعزف: «إن الدساتين التي

(٢٠) المصدر نفسه، «عود،» الرسالة الأولى، ص ١٦٣ وما بعدها.

(٢١) المصدر نفسه، ص ١٧١.

أعددناها هي كل ما يُستعمل عادةً على العود. لكننا لا نصادفها كلها على نفس الآلة. منها لا يستغنى عنه في العزف على العود ويستخدمه معظم الموسيقيين. وهي الدساتين الآتية، السبابة، البنصر، الخنصر، وهنالك موضع (دستان) ما بين السبابة والبنصر والكل يسميه «وسطى»، ولدى بعضهم (الموسيقيين) يكون اسم هذا الموضع أو الدستان، وسطى زُلزُل؛ ولبعضهم الآخر، وسطى الفُرس؛ ولغيرهم ما نسميه نحن مجنب الوسطى.

أما بالنسبة للدساتين (أو المواضع) المسماة «مجنب السبابة»، فبعض العازفين ينكرونها كلها؛ وغيرهم يستخدم دستان الوسطى ودستان مجنب الوسطى سوياً ويعتبرونها مجنب للسبابة، ولا يستخدمون أي دستان من نوع مجنب السبابة الفعلي؛ وآخرون منهم يستخدمون أحد المواضع للوسطى ومجنب الوسطى وأحد مواضع مجنب السبابة خاصة الموضع الذي يفرق عن موضع السبابة ببُعد الباقية»[٢٢].

يتبين لنا تأثير الإغريق في الفارابي في ما يلي من نصه حيث يذكر أن عزف «الجمع الكامل» (المجموعة الكاملة) أي الديوانين يتطلب وتراً خامساً للآلة، أو استخدام طريقة نقل اليد على الزند[٢٣].

وفي الرسالة الثانية من الكتاب الثاني من **كتاب الموسيقى الكبير** يعود الفارابي ويصف آلاتٍ أخرى ومنها:

الطنبور البغدادي: ولقد ذكرنا آنفاً نظام تقسيم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً، ما يقسم تلقائياً بُعد الرابعة إلى عشرة أجزاء موسيقية غير متساوية (العشرة أجزاء هي أول عشرة أجزاء متساوية خطياً على الوتر)[٢٤].

الطنبور الخُرساني: يفضل الفارابي ـ لهذه الآلة ـ نظاماً مع النوع الفيثاغوري مستخدماً الفواصل، فيقسم الديوان إلى بُعد خامسة، بُعد رابعة، طنين، بُعد الباقيتين، باقية، فاصلة فيثاغورية. إن قسمة بُعد الصوت أي الطنين إلى باقيتين وفاصلة هي قسمة فيثاغورية بحتة، كما أنها السباقة لنظام صفي الدين في القرن الثالث عشر والتي يستخدمها في رسالته عن العود. سندرس هذا النظام في ما بعد مع صفي الدين[٢٥].

النايات: يدرس الفارابي علاقة مواضع الأصابع على القصبات مع الأصوات الناتجة،

---

(٢٢) المصدر نفسه، ص ١٧٩.

(٢٣) المصدر نفسه، ص ٢٠٤ . إن الإصبع ـ الموضع الأخير الموصوف، بُعد الباقية ما قبل السبابة، وهو بُعد «المتمم» الفيثاغوري ٢٠٤٨/٢١٨٧. نرى بذلك أن عادة أو طريقة «نقل اليد على الزند»، المذكورة من قبل عند إسحاق الموصلي، هي من أقدم الأساليب التقنية في الموسيقى العربية. بهذا لا يستطيع العازفون العرب المتمسكون بالتقاليد أن يرفضوا طريقة نقل اليد على الزند التي يستخدمها عازفو مدرسة بغداد الحالية.

(٢٤) انظر: المصدر نفسه، الكتاب الثاني، الرسالة الثانية، ص ٢١٨ وما يليها.

(٢٥) المصدر نفسه، ص ٢٤٢ وما يليها.

وطريقة وضع الأصابع مع السلالم الصوتية على النايات (القصبات)[٢٦].

الربابة: هنا أيضاً ينصح الفارابي، وعلى نحو مفاجىء، باعتماد نظام مرادف للنظام الطبيعي الهارموني بأبعاده الآتية: الخامسة التامة ٢/٣، التريتون لـ «زارلينو» ٣٢/ ٤٥[٢٧]، الرابعة التامة ٣/ ٤، الثالثة الكبيرة الفيثاغورية ٦٤/ ٨١، الثالثة الكبيرة الهارمونية الطبيعية ٤/ ٥، الثالثة الصغيرة الهارمونية الطبيعية ٥/٦، الطنين الفيثاغوري ٨/ ٩، بعد الصوت الصغير الهارموني الطبيعي ٩/ ١٠، شبه المتمم ١٥/ ١٦، شبه الباقية ١٢٨/ ١٣٥، الباقية الفيثاغورية ٢٤٣/ ٢٥٦، وسندرس هذا النظام المميز في ما بعد[٢٨].

الجنك (Harp): يصف الفارابي الأبعاد الصوتية المختلفة على هذه الآلة. من هذه الأبعاد، الرابعة المزيدة أو التريتون الفيثاغوري ١٧٨,٦ ملم، ٥١٢/ ٧٢٩، ٧ °٦١١ سنتاً، ٢٧ هولدراً. فيقسم بعد الرابعة إلى جزأين مفترضين متآلفين، بنسبتين من نوع الكل والجزء وهما ٧/ ٨ و٦/ ٧. لقد رأينا سابقاً أن بُعد ٧/ ٨ يساوي ٣٥/ ٤٠ وهو بعد الصوت الأكبر أو الطنين الأكبر الموجود في تسلسل الأصوات الناتج من تقسيم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً[٢٩].

وينتهي **كتاب الموسيقى الكبير** للفارابي بالكتاب الثالث المخصص «للتأليف الموسيقي» كما يطبق على الآلات، وينفذ بواسطة صوت المطرب أو المغني، وعلى المادة التي يغنيها هذا المغني شعرية كانت أم نثرية، بطريقة تؤدي إلى إثارة الحواس، وإلى تنبيه الروح بشكل خاص، وهذا ـ عنده ـ هو غاية ما تطمح إليه الموسيقى. ونلاحظ أن الفارابي يعود إلى تأكيد ما كان قد ذكره في مقدمته من أن الغناء (موسيقى الصوت البشري)، هو أرقى عنده من الموسيقى الصادرة من الآلة، وأكثر منها سمواً.

إن مُؤلف الفارابي هو مؤلف أساسي في تاريخ الموسيقى العربية، لا لأنه قام بابتكار نظام صوتي جديد، وإنما لأنه قدم وصفاً موسوعياً لكل ما كان يتعلق بالموسيقى آنذاك في محيطه وعصره، وما قدمه الإغريق والساميون قبل الإسلام. وسنركز مرة أخرى على كتاباته عند دراسة موضوع مراحل تطور الموسيقى العربية وما استوعبته من أنماط موسيقية أخرى.

---

(٢٦) المصدر نفسه، ص ٢٦٢ وما يليها.

(٢٧) لا يجوز تسمية هذا البعد بـ «تريتون زارلينو» بالنسبة إلى الأبعاد المستخدمة في القرن العاشر، حتى لو كان ذلك يسهل التفسير.

(٢٨) المصدر نفسه، ص ٢٧٧ وما يليها.

(٢٩) المصدر نفسه، ص ٢٨٦ وما يليها.



الصورة رقم (١٧ - ١)
كشف الغموم والكرب في شرح آلات الطرب
(اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٦٥).
نرى في هذه الصورة قانون (جنك).

٤ ـ النظام الصوتي المستوحى من النظام الفيثاغوري لابن سينا (٣٧٠ ـ ٤٢٨/ ٩٨٠ ـ ١٠٣٧)[٣٠]

الجدول رقم (١٧ ـ ١٠)

ابن سينا (القرن الحادي عشر)، نوطات العود في مجرى بعد الرابعة، الأصابع ـ درجات النظرية

اختصار ج. ك. ش.	ملم من ٦٠٠ ملم	النسبة	سنت ١٢٠٠ للديوان	هولدر ٥٣ للديوان	لائحة ج. ك. ش.	اسم البُعد وحسابه على المونوكورد
ـ	صفر	ـ	صفر	صفر	صفر 1	الوتر المطلق (من المفاتيح إلى مكان ربط الأوتار)
٢ ص	٣٧,٣٦	٢٧٣/٢٥٦	١١٢°	٥	٢ ج	شبه نصف صوت كبير، شبه متمم ث، رأس، الطنين الأكبر ٨/٧، تحت الثالثة المتوسطة ٣٩/٣٢
٢ و	٤٦,١٥	١٣/١٢	١٣٩°	٦,١٥	٣ د	ثانية متوسطة سُفلى، مرادفة للوسطى، طنين ٩/٨ تحت الثالثة المتوسطة، ٣٩/٣٢
٢ ك ث	٦٦,٦٦	٩/٨	٢٠٣° ٩	٩	٤ هـ	ثانية كبيرة ث، طنين ث، سبابة، تسع الوتر، خامسة ناقص رابعة
٣ ص ث	٩٣,٧٥	٣٢/٢٧	٢٩٤° ١	١٣	٥ و	ثالثة صغيرة ث، وسطى قديمة طنين تحت الرابعة
٣ و ز	١٠٧,٦٩	٣٩/٣٢	٣٤٣°	١٥,١٧	٧ ح	ثالثة متوسطة زلزل (سفلى)، وسطى زلزل متساوي المسافة بين السبابة والبنصر
٣ ك ث	١٢٥,٩٢	٨١/٦٤	٤٠٧° ٨	١٨	٨ ط	ثالثة كبيرة ث، بُعد الصوتين الفيثاغوري رابعة ناقص باقية، بنصر
٣ ث	١٥٠	٤/٣	٤٩٨°	٢٢	١٠ ك	رابعة تامة، ربع الوتر، خنصر ديوان ناقص خامسة

(٣٠) عن نظريات وطرق حسابات ابن سينا، انظر: المصدر نفسه، مج٢، ص ٢٣٤ ـ ٢٣٧، والشكل ص ٢٣٦؛ Farmer: «Mūsīkī,» pp. 801-807, and «The Lute scale of Avicenna,» and Chabrier, «Un mouvement de réhabilitation de la musique arabe et du luth oriental: L'Ecole de Bagdad de Cherif Muhieddin à Munīr Bachīr,» livre 2, pp. 382-383.

ويأتي ابن سينا - في القرن الحادي عشر - بمساهمة أساسية في علم الموسيقى، في الفصل الثاني عشر من عمله الأساسي كتاب **الشفاء**، وترجم هذا العمل أيضاً رودولف ديرلانجيه في كتابه **الموسيقى العربية** الجزء الثاني. التأويل على شكل جدول لطريقته المطبقة على العود:

الجدول رقم (١٧ - ١١)
ابن سينا (القرن الحادي عشر).
النظام الصوتي لابن سينا على آلة العود المقابل للنظام الفيثاغوري

أ - لتشكيل جنس دياتوني:

أ - ١ - في ربع الوتر، البنصر يحدد الرابعة: ١٥٠ ملم، ٣/ ٤ الاهتزازات، ٤٩٨° سنت، ٢٢ هولدر، ١٠ ك من لائحة ج.ك.ش.

أ - ٢ - على تسع الوتر، السبابة تحدد الطنين: ٦٦,٦٦ ملم، ٨/٩، ٢٠٣° ، ٩ هولدر، ٤ هـ.

أ - ٣ - على تسع ما تبقى من الوتر أي تسع المسافة بين السبابة وموضع ربط الأوتار على بطن الآلة، البنصر يحدد بُعد الصوتين: ثالثة كبيرة فيثاغورية ١٢٥,٩٢ ملم، ٦٤/٨١، ٤٠٧° ٨، ١٨ هـ، ٨ ط.

أ - ٤ - ما يتبقى بين دستانين البنصر والخنصر هو بُعد الباقية: ١٥٠ ملم - ١٢٥,٩٢ ملم = ٢٤,٠٨ ملم، ٢٤٣/٢٥٦، ٩٠° ٢، ٤ هـ.

ب - لتحديد الأصابع - درجات للأبعاد «المتوسطة» (السفلى حسب الفارابي)

ب - ٥ - ثمن مسافة البنصر ومكان ربط الأوتار على بطن الآلة ($\frac{٤٥٠}{٨}$ = ٥٦,٢٥ ملم) وهو مسجل تحت الخنصر (رابعة ناقص طنين) بالنسبة لدستان الوسطى القديمة أو وسطى الفُرس (ثالثة صغيرة فيثاغورية).

ب - ٦ - نصف المسافة ما بين السبابة والخنصر، بعض المحدثين يحددون فيه دستان للوسطى، (ثالثة وسطى لزلزل سُفلى) ١٠٧,٦٩ ملم، ٣٢/٣٩، ٣٤٣°، ١٥,١٧ هـ، ٧ ح.

إن المسافة لدستان الوسطى الحديث والخنصر هي ١١٧/١٢٨، أي ٤٢,٣٠ ملم. هذه الوسطى رخيمة جداً ما يقارب ٣٣/ ٤٠ من الوتر.

ب - ٧ - على بُعد طنين أرخم من هذه الوسطى نحدد «مُجنب» هذا الدستان (الثانية الوسطى السفلى) ٤٦,١٥ ملم، ١٢/ ١٣، ١٣٩°، ٦,١٥ هـ، ٣ د.

يتبع

تابع

ب ـ ٨ ـ هنالك «مجنب» آخر أرخم من المجنب السابق، وهو أرخم بطنين أكبر (٧/٨) من الوسطى الحديثة (٣٢/ ٣٩)، (ثانية كبيرة عالية) ٣٧,٣٦ ملم، ٢٥٦/ ٢٧٣، ٥ °١١١، ٥ هـ، ٢ ج. يسمى «دستان الرأس». هو شبه نصف صوت كبير (هارموني طبيعي (٣٧,٥ ملم، ١٥/ ١٦، ٧ °١١١، ٥ + هـ، ٢ ج)؛ كما أنه شبه متمم فيثاغوري (٣٨,١٣ ملم، ٢٠٤٨/ ٢١٨٧، ٧ °١١٣، ٢ ج). هذه الثانية المتوسطة هي في الواقع ثانية صغيرة عالية، على نفس موضع الإصبع ـ درجة ٣٧/ ٤٠ من النظام الصوتي الجاهلي الذي يقسم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً. إن الأصابع المتوسطة لابن سينا هي تقريباً بنفس رخامة مرادفاتها في النظام الجاهلي.

٥ ـ النظام الهارموني الطبيعي لآلة الربابة للفارابي (القرن العاشر)

(انظر تحت العمود الخامس من جدول مقارنة أجزاء الوتر في تقسيم بعد الخامسة حسب النظام الصوتي الأوروبي والنظام الصوتي للثقافة العربية الإسلامية). (المقاييس الوترية من وتر طوله ٦٠٠ ملم).

لقد رأينا نظرية الفارابي المطبقة على العود، لكنه يصف على آلة الربابة نظاماً صوتياً هارمونياً طبيعياً معقداً ذا أصابع ـ درجات وأبعاد صوتية تلي في هذا الجدول[٣١].

الجدول رقم (١٧ ـ ١٢)
النظام الهارموني الطبيعي لآلة الربابة للفارابي

المرجع صفر: من المفاتيح (أي ٦٠٠ ملم)، الوتر المطلق.

المرجع الأول: انطلاقاً من المفاتيح، ثانية كبيرة، طنين: ٦٦,٦٦ ملم، ٨/ ٩، ٩ °٢٠٣ سنت ٩ هولدر.

المرجع الثاني: انطلاقاً من المفاتيح، ثالثة صغيرة هارمونية طبيعية: ١٠٠ ملم، ٥/ ٦، ٦ °٣١٥، ١٤هـ.

ـ انطلاقاً من المرجع الأول، نصف صوت كبير هارموني طبيعي: ٤٥/ ٤٨ = ١٥/ ١٦، ٧ °١١١، ٤,٩٤ هـ.

يتبع

(٣١) إن المرجعَيْن (الموضعين للأصابع ـ درجات) الرابع والسادس (البُعْدَيْ الرابعة التامة والخامسة التامة) يحسبهما الفارابي اختياريين. لربما نتيجة استخدامه المنطق الملازم لِنظام تقسيم الوتر إلى أربعين جزءاً. لكن تعقيد مثل هذا النظام يدفعنا إلى التساؤل عن قدرة عازف الربابة في القرن العاشر على استيعاب مثل هذا النظام الصوتي. لربما هذا النظام الصوتي ليس إلا وليد المخيلة.

تابع

المرجَع الثالث: انطلاقاً من المفاتيح، ثالثة كبيرة فيثاغورية بُعد الصوتين: ١٢٥,٩٢ ملم، ٦٤/٨١، ٨ °٤٠٧، ٨,١٨ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الأول، ثانية كبيرة، طنين: ٨/٩، ٩ °٢٠٣، ٩ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثاني، نصف صوت هارموني طبيعي صغير، شبه باقية: ١٢٨/١٣٥، ٢ °٩٢، ٤+ هـ.

المرجع الرابع: انطلاقاً من المفاتيح، رابعة تامة: ١٥٠ ملم، ٣/٤، °٤٩٨، ٢٢ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الأول، ثالثة صغيرة فيثاغورية: ٢٧/٣٢، ١ °٢٩٤، ١٣ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثاني، طنين صغير (هارموني طبيعي): ٩/١٠، ٤ °١٨٢، ٨+هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثالث، باقية فيثاغورية: ٢٤٣/٢٥٦، ٢ °٩٠، ٤ ـ هـ.

المرجع الخامس: انطلاقاً من المفاتيح، رابعة مزيدة، تريتون زارلينو: ١٧٣,٣٣ ملم، ٣٢/٤٥، ٢ °٥٩٠، ٢٦,١١ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الأول، ثالثة كبيرة طبيعية هارمونية: ٤/٥ = ٦٤/٨٠، ٣ °٣٨٦، ١٧ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثاني، ثانية مزيدة طبيعية هارمونية: ١١٥٢/١٣٥٠ = ٧٤/٦،٧٥ °٢٧٤، ١٢,١٥هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثالث، طنين صغير (هارموني طبيعي): ٩/١٠، ٤ °١٨٢، ٨+ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الرابع، نصف صوت هارموني طبيعي صغير، شبه باقية: ١٢٨/١٣٥، ٢ °٩٢، ٤+ هـ.

المرجع السادس: انطلاقاً من المفاتيح، خامسة تامة فيثاغورية: ٢٠٠ ملم، ٢/٣، °٧٠٢، ٣١ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الأول، رابعة تامة فيثاغورية: ٣/٤، °٤٩٨، ٢٢ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثاني، ثالثة كبيرة هارمونية طبيعية: ٤/٥ = ٦٤/٨٠، ٣ °٣٨٦، ١٧ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الثالث، ثالثة صغيرة فيثاغورية: ٢٧/٣٢، ١ °٢٩٤، ١٣ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الرابع، ثانية كبيرة، طنين: ٨/٩، ٩ °٢٠٣، ٩ هـ.

- انطلاقاً من المرجع الخامس، نصف صوت كبير هارموني طبيعي، شبه متمم: ١٥/١٦، ٧ °١١١، ٤,٩٤ هـ.

٦ ـ النظـام الصوتي للفارابـي مستخدماً الفواصـل المقابـل للنظام الفيثاغوري، على الطنبور الخراساني (القرن العاشر)

(انظر تحت العمود السادس من جدول تقسيم الخامسة على وتر ما حسب الأنظمة الصوتية لأوروبا والثقافة العربية الإسلامية) (لتسهيل المقاربة بالمقارنة، يفترض طول أوتار الطنبور، وهو عود ذو زند طويل، ٦٠٠ ملم).

الجدول رقم (١٧ ـ ١٣)

الفارابي (القرن العاشر) النظام الصوتي الفيثاغوري الفاصلي للفارابي على الطنبور الخراساني

المختصارات ١٧ في الديوان	من وتر طوله ٦٠٠ ملم	النسبة	سنت ١٢٠٠ للديوان	هولدر ٥٣ للديوان	لائحة ج. ك. ش.	اسم البعد الفيثاغوري، النوطات من سلم مفترض سلم الدو ماجور
صفر	صفر	ـ	صفر	صفر	صفر أ	من المفاتيح، الوتر المطلق، (دو)
١ ـ ٢ ص	٣٠,٤٧	٢٥٦/٢٤٣	٩٠° ٢	٤	١ ب	باقية. ثانية صغيرة
٢ ـ ٢ و	٥٩,٣٩	٦٥٥٣٦/٥٩٠٤٩	١٨٠° ٥	٨	٣ د	باقيتين. ثالثة منقوصة، ثانية متوسطة
٣ ـ ٢ ك	٦٦,٦٦	٩/٨	٢٠٣° ٩	٩	٤ هـ	ثانية كبيرة. طنين، (ره)
٤ ـ ٣ ص	٩٣,٧٥	٣٢/٢٧	٢٩٤° ١	١٣	٥ ر	ثالثة صغيرة
٥ ـ ٣ و	١١٩,٥	٨١٩٢/٦٥٦١	٣٨٤° ٤	١٧	٧ ح	رابعة منقوصة، ثالثة متوسطة
٦ ـ ٣ ك	١٢٥,٩٢	٨١/٦٤	٤٠٧° ٨	١٨	٨ ط	ثالثة كبيرة، بعد الصوتين، (مي)
٧ ـ ٤	١٥٠	٤/٣	٤٩٨°	٢٢	١٠ ك	رابعة تامة، (فا)
٨ ـ ٥ ص ص	١٧٢,٨٥	١٠٢٤/٧٢٩	٥٨٨° ٣	٢٦	١١ ل	خامسة منقوصة
٩ ـ ٤ م	١٧٨,٦	٧٢٩/٥١٢	٦١١° ٧	٢٧	١٢ م	رابعة مزيدة، تريتون
صفر ـ ٥	٢٠٠	٣/٢	٧٠٢°	٣١	١٤ س	خامسة تامة، (صول)
١ ـ ٦ ص	٢٢٠,٣	١٢٨/٨١	٧٩٢°	٣٥	١٥ ع	سادسة صغيرة
٢ ـ ٥ م	٢٢٥,٤	٦٥٦١/٤٠٩٦	٨١٦°	٣٦	١٦ ف	خامسة مزيدة
٣ ـ ٦ ك	٢٤٩,١	١٤٣٤٨٩٠٧/٨٣٨٨٦٠٨	٩٣٠°	٤٠	١٨ ق	سادسة كبيرة، (لا)
٤ ـ ٧ ص	٢٦٢,٥	١٦/٩	٩٩٦°	٤٤	١٩ ر	سابعة صغيرة
٥ ـ ٦ م	٢٦٧	٥٩٠٤٩/٣٢٧٦٨	١٠١٩° ٦	٤٥	٢٠ ش	سادسة مزيدة
٦ ـ ٧ ك	٢٨٤	٢٤٣/١٢٨	١١٠٩° ٨	٤٩	٢٢ خ	سابعة كبيرة، (سي)
٧ ـ ٨	٣٠٠	٢/١	١٢٠٠°	٥٣	٢٤ ض	ثامنة تامة، ديوان، (دو)
٨ ـ ٨+	٣٠٤	٥٢٤٢٨٨/٥٣١٤٤١	١٢٢٣° ٥	٥٤	١ ب	فاصلة فيثاغورية (+ ديوان)
٩ ـ ٨ م	٣١٩	٢١٨٧/٢٠٤٨	١٣١٣° ٧	٥٨	٢ ج	متمم فيثاغوري (+ ديوان)
صفر ٩ ك	٣٣٣,٣٣	٩/٨	١٤٠٣° ٩	٦٢	٤ هـ	ثانية كبيرة، طنين، (+ ديوان) (ره)

إن النظام الصوتي الذي درسه الفارابي على الطنبور الخراساني مشتق من الأنظمة الفيثاغورية البسيطة من عهود الإغريق القديمة ومن أول عصر الإسلام، وهو النظام السباق للنظام الفيثاغوري الفاصلي المحقق على العود لدى صفي الدين الأرموي في القرن الثالث عشر. لتسهيل المقارنات، سنفترض أن الأوتار طولها ٦٠٠ ملم.

ـ في النظام الصوتي الفيثاغوري الأبسط يكون الجزء الأصغر الفاصلة الفيثاغورية، وهي الباقي من طرح إثني عشر بعد خامسة من سبعة أبعاد ديوان، أي: ٨,٠٧ ملم،

٥٢٤٢٨٨/٥٣١٤٤١ ، ٥°٢٣ سنت، هولدر واحد + أكبر من هذا الجزء يأتي بُعد الباقية، وهو الباقي من طرح بُعد الصوتين من الرابعة أي: ٣٠,٤٧ ملم، ٢٥٦/٢٤٣، ٢°٩٠، ٤ ـ هـ. وأكبر منهما، بُعد المتمم، وهو متمم الباقية للحصول على الطنين أو بعد الصوت، ويساوي هذا البُعد باقية زائد فاصلة أي: ٣٨,١٣ ملم، ٢١٨٧/٢٠٤٨، ٧ °١١٣، ٥ هـ. الطنين إذاً يساوي باقية ومتمم، أي باقيتين وفاصلة، بهذا التسلسل باقية فاصلة باقية، أو باقية باقية فاصلة.

ـ في نظام سلم الصوت للطنبور الخراساني، الأبعاد (الصغيرة) ستتبع هذا التسلسل باقية باقية فاصلة (الكل يساوي الطنين)، وهذا من المفاتيح إلى بُعد التاسعة (أي ديوان زائد طنين). نجد في هذا التسلسل للأصوات خمسة دساتين «عادية» (أبعاد الثانية، الرابعة، الخامسة، الثامنة، التاسعة) وثلاثة عشر دستاناً «متحركاً». فيكون عندنا، مفترضين السلم الأساسي «دو»:

دو؛ باقية = ره ♭ ؛ باقية = ره ♭ ؛ فاصلة = ره؛ باقية = مي ♭ ؛ باقية = مي♭؛ فاصلة = مي؛ باقية = فا؛ باقية = صول ♭ ؛ فاصلة = فا♯ ؛ باقية = صول؛ باقية = لا ♭ ؛ فاصلة = صول ♯ ؛ باقية = لا؛ باقية = سي ♭ ؛ فاصلة = لا ♯ ؛ باقية = سي؛ باقية = دو.

دو؛ فاصلة = دو+؛ باقية = دو ♯ ؛ باقية = ره.

لدينا إذاً سبعة عشر إصبعاً ـ درجة وسبعة عشر بُعداً للديوان، تكونهم فواصل وباقيات وأبعاد المتمم والتتمة والطنين. . . الخ. إن المجالات الصوتية لهذه الآلة هي من ضمن بُعد التاسعة للوتر الواحد. ويفضل الفارابي لبُعد «شد» الوترين لهذه الآلة (الدوزان)، الشد المتزاوج (أي وتران بنفس الصوت)، وبُعد الباقية بينهما، وبُعد الباقيتين، وباقيتي الجبليين، بُعد الصوت، الثالثة الصغيرة في مدينة بخارى، بُعد الرابعة مثل شد العود، وحتى الخامسة. إن الأبعاد المتوسطة تأتي عالية جداً (أو رفيعة جداً) في هذا النظام الصوتي، أعلى مما وصفها زلزل والفارابي وابن سينا في نظام الدساتين على آلة العود[٣٢].

٧ ـ النظام الصوتي الفيثاغوري الفاصلي لصفي الدين الأرموي محقق على آلة العود[٣٣] (القرن الثالث عشر)

(أنظر تحت العمود السابع من جدول المقارنات لتقسيم بُعد الخامسة على وتر ما،

(٣٢) حول طنبور خراسان، انظر: Erlanger, Ibid., vol. 1, pp. 242-262.
هذا النظام الصوتي بسبعة عشر مرجعاً لمواضع الأصابع مهد السبل لمواضع الدساتين على آلة الطنبور في القرن العشرين (وهي آلات من عائلة العود ذي الزند الطويل: الساز، الطار، السيه طار، البزق. . .).

(٣٣) عن النظريات وطريقة حسابات صفي الدين الأرموي على العود، انظر: Farmer, «Mūsīkī,» et =

بحسب الأنظمة الصوتية الأوروبية والثقافة العربية الإسلامية).

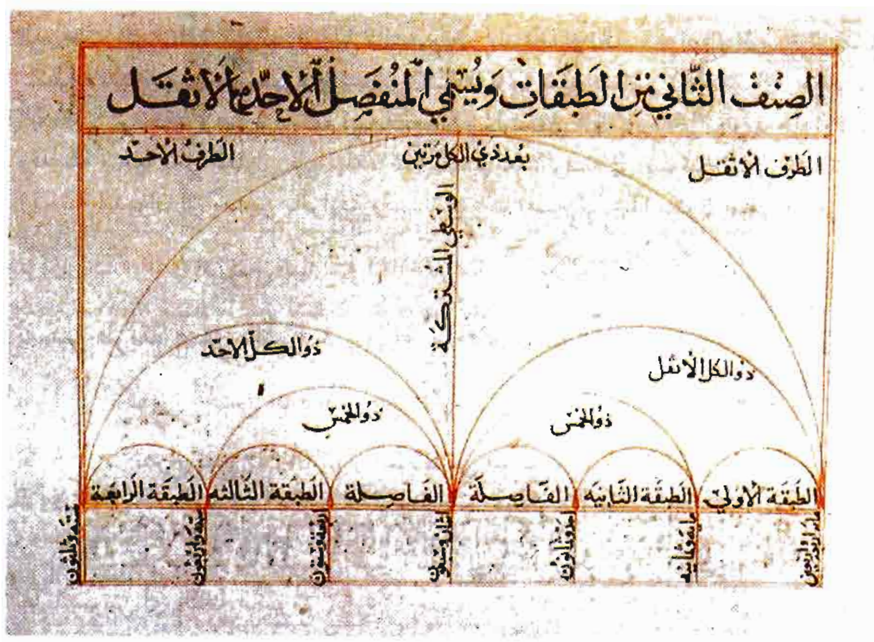
الجدول رقم (١٧ - ١٤)
النظام الصوتي المستخدم للفواصل المقابل للنظام الفيثاغوري في القرن الثالث عشر.
صفي الدين الأرموي

لائحة ج. ك. ش	النسبة	سنت من فارمر	فواصل هولدر	ملم من وتر ٦٠٠ ملم	إصبع - درجة على العود	تعليق، معادلة (أنظر جدول المقارنات، العمود السابع)
١ ب	٢٥٦/٢٤٣	٩٠° ٢	٤	٣٠,٤٧	زائدة (سبابة)	باقية (ما قبل الإسلام)
٣ د	٥٩٠٤٩/٦٥٥٣٦	١٨٠° ٥	٨	٥٩,٣٩	مجنب السبابة	طنين صغير فيثاغوري. باقيتين
٤ هـ	٩/٨	٢٠٣° ٩	٩	٦٦,٦٦	سبابة	طنين (فيثاغوري)
٥ و	٣٢/٢٧	٢٩٤° ١	١٣	٩٣,٧٥	وُسطى الفُرس	ثالثة صغيرة (فيثاغورية)
٧ ح	٨١٩٢/٦٥٦١	٣٨٤° ٤	١٧	١١٩,٤٦	وُسطى زلزل	رابعة منقوصة فيثاغورية، شبه ثالثة كبيرة هارمونية طبيعية
٨ ط	٨١/٦٤	٤٠٧° ٨	١٨	١٢٥,٩٢	بنصر	ثالثة كبيرة (فيثاغورية)
١٠ ك	٤/٣	٤٩٨°	٢٢	١٥٠	خنصر	رابعة تامة
١١ ل	١٠٢٤/٧٢٩	٥٨٨° ٣	٢٦	١٧٢,٨٥	–	خامسة منقوصة فيثاغورية
١٣ ن	٢٦٢١٤٤/١٧٧١٤٧	٦٧٨° ٥	٣٠	١٩٤,٥	–	خامسة ناقصة فاصلة (ما قبل الإسلام)
١٤ س	٢/٣	٧٠٢°	٣١	٢٠٠	–	خامسة تامة

مقارنة بالفواصل بين الأنظمة الصوتية لطنبور خراسان وعود القرن الثالث عشر

طنبور خراسان: ب ب ف (٢) ب ب ف (٣) ب (٤) ب ف ب (٥) ب + ف ب (٦) ب ف + ب (٧) ب

عود القرن ١٣ : ب ب ف (٢) ب ب ف (٣) ب (٤) ب ب ف (٥) ب ب ف (٦) ب ب ف (٧) ب



الصورة رقم (١٧ ـ ٢)
الأرموي، الرسالة الشرفية
(اسطنبول، توبكابي سراي، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٦).
نرى في هذه الصورة صنف من السلالم الموسيقية محقق أبعادها على وترٍ ما.

= Erlanger, Ibid., vol. 3, préface, pp. v-vi et viii-ix.

انظر أيضاً: صفي الدين الأرموي، **الرسالة الشرفية**، في: Erlanger, Ibid., vol. 3, «ud,» pp. 111 et seq. (calcul essentiel).

انظر التعليق على: صفي الدين الأرموي، **كتاب الأدوار**، في: المصدر نفسه، مج ٣، ص ٤٨١ (دوزان accords)، ص ٣٠٨، ٥٨٠ و ٦٠٣ (تنقيل transpositions)، ص ٤١١ (خورس الأوتار choeurs de cordes)، ص ٥٥١ (طريقة استخدام الريشة technique du plectre)، وص ٥٩٥ (التلوين النغمي nuances).

صفي الدين الأرموي البغدادي (مولود بجوار بلدة أُرمية، تعلم في بغداد وتوفي سنة ١٢٨٤)، كان منقطعاً إلى آخر خليفة عباسي، وبعد سقوط بغداد سنة ١٢٥٨، عفا عنه المغول، فأصبح من علماء بلاطهم، وهو الذي أوصل النظام الصوتي الفيثاغوري - ذا البناء المكون من تسلسل أبعاد الخامسة - إلى ذروته.

يطرح صفي الدين في مؤلفيه، **كتاب الأدوار والرسالة الشرفية**، حلاً للأصابع - الدرجات المتوسطة، التراثية المحلية والتجريبية، باستخدام نظام الفواصل الموسيقية المقابل للنظام الفيثاغوري والمسمى بـ «المنهجي» لتحديد مواضع دساتين (الأصابع - درجات) الأبعاد المتوسطة. وهو يؤكد أن قسمة بُعد الصوت على الطنبور الخراساني، هي باقيتان وفاصلة مثلما فعل الفارابي من قبله، كما يقسم بُعد الرابعة إلى صوتين (طنينين) وباقية، وقسمة الديوان إلى بُعدين بالرابعة وبُعد الصوت (طنين). بهذا يكون صفي الدين من الفيثاغوريين.

تفسير طريقة صفي الدين في مواضع الأصوات على العود

أ - تكوين الجنس الدياتوني من الأرخم إلى الأرفع

١ - نطرح تسع (١/٩) الوتر انطلاقاً من المفاتيح، فتحدد السبابة بُعد الطنين الكبير الأول: ٦٦,٦٦ ملم، ٨/٩، ٩ °٢٠٣ سنت، ٩ هولدر، ٤ هـ.

٢ - نطرح تسعاً مما تبقى من الوتر (سبابة إلى مكان ربط الأوتار)، فيُحدد البنصر وضع بُعد الصوتين أي الثالثة الكبيرة: ١٢٥,٩٢ ملم، ٦٤/٨١، ٨ °٤٠٧، ١٨ هولدر، ٨ ط.

٣ - المسافة بين موضع بُعد الصوتين وموضع الرابعة (١٥٠ ملم، ٣/٤، °٤٩٨، ٢٢ هولدر، ١٠ ك)، هي الباقية الموجودة على الموضع: ٢٤,٠٨ ملم، ٢٤٣/٢٥٦، ٢ °٩٠، ٤ هولدر.

ب - تكوين الجنس الدياتوني المقلوب أي من الأرفع إلى الأرخم

٤ - نحسب موضعاً جديداً على ما يتبقى من الوتر من موضع الرابعة - بنصر - ومكان ربط الأوتار، أي ٣/٤ الوتر أو ٤٥٠ ملم، وثمن (١/٨) هذا الباقي أي ٥٦,٢٥ ملم، ونحول هذه القيمة بقلبها من موضع الرابعة إلى جهة المفاتيح فنحصل بذلك على موضع «الوسطى القديمة» أي الثالثة الصغيرة: ٩٣,٧٥ ملم، ٢٧/٣٢، ١ °٢٩٤، ١٣ هولدر، ٥و. فلقد أخفضنا قيمة الرابعة بطنين.

٥ - نحسب موضعاً آخر على ما يتبقى من الوتر من موضع الثالثة الصغيرة ومكان ربط الأوتار أي ٥٠٦,٢٥ ملم،وثمن (١/٨) هذا الباقي أي ٦٣,٢٨ ملم، ونحول هذه القيمة بقلبها متجهين إلى المفاتيح؛ فنحصل بذلك موضع «الزائد» وهو مجنب للسبابة، ويحدد

الباقية أو بُعد الثانية الصغيرة: ٣٠,٤٧ ملم، ٢٤٣/٢٥٦، ٢ °٩٠، ٤ هولدر، ١ ب.

٦ ـ هذا الموضع هو بالفعل موضع أول باقية بما أننا طرحنا من بُعد الرابعة بُعد الصوتين. أي حسمنا طنينين.

ج ـ التحديد الفيثاغوري لمواضع الأصابع ـ الدرجات المتوسطة

٧ ـ نحسب موضعاً آخر على ما يتبقى من الوتر من موضع الباقية إلى مكان ربط الأوتار، أي ٥٦٩,٥٣ ملم، وربع (١/٤) الباقي أي رابعة تامة جديدة (١٤٢,٣٨ ملم) نزيده على موضع الباقية الأولى، فنحصل بذلك على بُعد يساوي رابعة زائد باقية أي خامسة منقوصة: ١٧٢,٨٥ ملم، ٧٢٩/١٠٢٤، ٣ °٥٨٨، ٢٦ هولدر، ١١ ل.

٨ ـ نحسب موضعاً آخر على ما يتبقى من الوتر من موضع الخامسة المنقوصة إلى مكان ربط الأوتار أي ٤٢٧,١٥ ملم، وثمن (١/٨) هذا الباقي أي ٥٣,٣٩ ملم، ونزيده على موضع دستان الخامسة المنقوصة. بهذا نكون قد خفضنا بعد الخامسة المنقوصة بطنين (٩/٨) ونحصل على هذا الموضع «وسطى زلزل» الذي يحدد الرابعة المنقوصة أو الثالثة المتوسطة: ١١٩,٤٥ ملم، ٦٥٦١/٨١٩٢، ٤ °٣٨٤، ١٧ هولدر، ٧ ح؛ أي ثالثة كبيرة ناقصة فاصلة.

٩ ـ نحسب موضعاً آخر على ما يتبقى من الوتر من موضع الرابعة المنقوصة إلى مكان ربط الأوتار، أي ٤٨٠,٥٥ ملم، وثمن (١/٨) هذا الباقي أي ٦٠,٠٦ ملم ونحول هذه القيمة بقلبها من موضع الرابعة المنقوصة إلى جهة المفاتيح، بهذا نكون قد خفضنا الرابعة المنقوصة بطنين (٩/٨)، ونحصل على هذا الموضع مجنب للسبابة بُعده الثالثة المنقوصة أي الثانية المتوسطة بُعد الباقيتين: ٥٩,٣٩ ملم، ٥٩٠٤٩/٦٥٥٣٦، ٥ °١٨٠، ٨ هولدر، ٣ د. أي ثانية ناقصة فاصلة.

١٠ ـ مجنب السبابة الاختباري وموضعه ما بين بُعد الباقية وبُعد الثانية الكبيرة (الطنين)، ٤٨,٥٦ ملم.

١١ ـ مجنب السبابة الاختباري وموضعه ما بين المفاتيح والثالثة الصغيرة: ٤٦,٨٧ ملم.

١٢ ـ مجنب السبابة الاختباري وموضعه ما بين المفاتيح والثالثة المتوسطة: ٥٩,٧٢ ملم.

الوسطى المتوسطة الاختبارية وموضعها ما بين الثانية الكبيرة (الطنين) والرابعة التامة: ١٠٧,٦٩ ملم، ٣٢/٣٩ .

علينا أن نلحظ أن إبداع صفي الدين لنظام صوتي يلتزم الحسابات الفيثاغورية المستخلصة من تسلسل الأبعاد الخامسة قد أوصله إلى رفع مستوى علمية أبعاد أساسها تجريبي، (فطري ـ اختباري).

وبهذا أصبح بعد الثانية المتوسطة، بُعد ثالثة منقوصة، أي باقيتان: ٥٩,٣٩ ملم، ٦٥٥٣٦/٥٩٠٤٩، ٥ °١٨٠، ٨ هولدر، ٣ د. وهذا النظام لا يسمح إذاً بالالتباس بين هذا البُعد وبُعد الصوت الصغير (الطنين الصغير) الهارموني الطبيعي: ٦٠ ملم، ٩/ ١٠، ٤ °١٨٢، ٨ هـ، ٣ د، أو الالتباس بالموضع ذي المرجع الآتي: ٦٠ ملم، ٣٦/ ٤٠، ٤ °١٨٢، ٨ هـ، ٣ د، المستخرج من قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً؛ ومع ذلك فإنه طالما يختلط هذان الموضعان في الأنظمة الصوتية الثلاثة، وهذا عند العديد من العازفين. وفي هذا النظام الصوتي الجديد تصبح الثالثة المتوسطة، رابعة منقوصة: ١١٩,٤٥ ملم، ٦٥٦١/٨١٩٢، ٤ °٣٩٨، ١٧ هـ، ٧ ح؛ ويجب عدم مزج هذا الدستان (الإصبع - درجة) مع البُعد القريب للثالثة الكبيرة الهارمونية الطبيعية: ١٢٠ ملم، ٤/ ٥، ٣ °٣٨٦، ١٧ هولدر، ٧ ح، ولا مع الدستان ذي المرجع الآتي: ١٢٠ ملم، ٣٢/ ٤٠، ٣ °٣٨٦، ١٧ هولدر، ٧ ح، المستخرج من قسمة الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً. كذلك الأمر فإن العديد من العازفين يخلطون ما بينهما.

وصف عالم موسيقي غربي كبير صفي الدين بأنه «زارلينو» الشرق[٣٤]، وهذه المقارنة، ولو كانت من باب المديح، فهي خاطئة. فإن صفي الدين هو الذي استخرج أحسن تطبيقات للنظام الصوتي الفيثاغوري باستخدامه طريقة قلب الأبعاد ومواضع الأصابع للأبعاد المتوسطة للجنس الدياتوني، منطلقاً من موضع الخامسة المنقوصة الفيثاغورية (١٧٢,٨٥ ملم، ٧٢٩/ ١٠٢٤، ٣ °٥٨٨، ٢٦ هولدر، ١١) ومتجهاً نحو المفاتيح (عكس المعتاد أي الاتجاه لمواضع الأصابع هو من المفاتيح إلى مكان ربط الأوتار على بطن الآلة). كما أنه نجح في مقارنة موضعين من المواضع المتوسطة مع موضعين من المراجع للنظام الصوتي القديم، والذي يقسم الوتر إلى أربعين جزءاً متساوياً، وربما ينحدر هذان الموضعان من هذا النظام الصوتي القديم.

إن هذا النظام الصوتي، المتميز جداً، قد تم تبنيه من قبل معاصري صفي الدين ومن جاء بعده مثل الشيرازي (القرن الثالث عشر)، والجرجاني، والعاملي (في القرن الرابع عشر)[٣٥]. ونسأل أنفسنا عند ذكر علماء الموسيقى ورسائلهم، ما هي العلاقة الفعلية بين موسيقيي العالم العربي - الإسلامي والرسائل الموسيقية العلمية، في العهود المختلفة؟ نتساءل أيضاً: ما هي طرق عزف الموسيقيين الشعبيين؟ هل كانوا يتفهمون النظام الصوتي الهارموني الطبيعي الذي استخدمه الفارابي على الربابة، والنظام الصوتي الفيثاغوري الفاصلي الذي استخدمه صفي الدين على آلة العود؟ أم أنهم توقفوا عند تقطيع الوتر (أي بالدساتين

---

(٣٤) انظر: Kiesewetter, in: Farmer, Ibid., p. 804.

(٣٥) انظر: الجرجاني، «تعليق على كتاب الأدوار،» في: Erlanger, Ibid., vol. 3, pp. 220 et seq.

انظر أيضاً: رسالة مجهولة المؤلف تقدمة إلى السلطان، مج ٤، ص ٢٧ وما يليها، واللاذقي، «الرسالة الفتحية،» مج ٤، ص ٢٩١ وما يليها، في: Erlanger, Ibid.

أو مواضع الأصابع) بالطرق التجريبية الاختبارية التي وصفها زلزل (في القرن الثامن)؟

خاتمة

إن كمالية النظام الصوتي المقابل للنظام الفيثاغوري، والذي يستخدم الفواصل، نظام تداركه الفارابي على الطنبور الخراساني في القرن العاشر، كما تداركه صفي الدين الأرموي على آلة العود في القرن الثالث عشر، والذي ثابر على استمراريته كل من الجرجاني (القرن الرابع عشر)، وابن غيبي مرقى وشُكرُ الله (القرن الخامس عشر)، واللاذقي (القرن السادس عشر)، ومن المؤسف أن هذا النظام قد بدأ يتراجع شيئاً فشيئاً في القرن الخامس عشر حتى أنه تلاشى من العالم العربي والفارسي ولم يعد متداولاً إلا في تركيا.

ومنذ القرن الثامن عشر، واجه العالم العربي - الفارسي عالماً جديداً أكثر منه قوة وهو العالم الغربي، وقد نتج من ذلك على الصعيد الموسيقي اقتباس الكتابة الموسيقية الغربية بمدرجها ونوطاتها، واستخدام علامات أو إشارات التعديل الإضافية للربع الصوت. لكن الأمل ما زال موجوداً فقد شهد القرن العشرون أول اجتماع لمجمع موسيقي عربي في القاهرة سنة ١٩٣٢، وإذا كنا قد فقدنا المصطلحات الموسيقية للعزف على آلة العود، فإننا في هذا المجمع قد دونا معظم المقامات والإيقاعات. إن فن الموسيقى وعلمها ما زالا يدرّسان، وهذا هو الأساس.

ـ ١٨ ـ

علم السكون (الستاتيكا)

ماري م. روزنسكايا(*)

تشكّل علم السكون، أو علم الوزنة، كمادة علمية مستقلة خلال العصور القديمة.

كان هدفه الرئيس، في البدء، حساب نمو القوة المبذولة بواسطة أجهزة ميكانيكية مختصة. فالكلمة اليونانية «méchané» كانت تعني في الأصل آلة أو مجموعة من الأجهزة البارعة. ونتيجة لذلك كان المصطلح «ميكانيك» يرتبط بعلم «الآلات البسيطة» التي تسمح بتحريك أحمال ثقيلة بواسطة قوة ضعيفة.

كان اليونانيون يضعون علم السكون على قدم المساواة مع علم الأعداد أو «علم الحساب»، وكانوا يميزون في كل منهما قسماً نظرياً وقسماً تطبيقياً. وقد ظهر في العصور القديمة اتجاهان في علم السكون: الأول مرتكز على الهندسة وهو ذو طبيعة نظرية، والثاني مرتكز على علم الحركة (كينماتيكا، Cinématique) وهو ذو طبيعة تطبيقية[١]. وفي الحالة الأولى كانت تُدرس قوانين التوازن على مثال رافعة في حالة توازن ثابت. كما تم إدخال مفهوم مركز الثقل في علم السكون في إطار قسمه الهندسي الذي يتميز بمستوى عالٍ من استخدام الرياضيات في نظريته.

أما فيما يتعلق بالمنحى الحركي (الكينماتي، Cinématique) لعلم السكون فإن قاعدته تقوم على التطبيق العملي لـ «الآلات البسيطة» المخصصة لرفع ونقل الأحمال الثقيلة. وفي

(*) أكاديمية العلوم الروسية ـ موسكو.

قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي.

(١) انظر: Pierre Maurice Marie Duhem, *Les Origines de la statique,* 2 vols. (Paris: Hermann, 1905-1906), vol. 1, p. 16.

هذه الحالة، كانت قوانين توازن الأجسام تُدرس على مثال رافعة عند اختلال توازنها. كما كانت الاستنتاجات، المستوحاة من المبرهنات الرئيسة لعلم السكون، ترتكز على فرضيات علم الديناميكا، وقد اعتمد بعض هذه الفرضيات بشكل صريح، في حين أهمل بعضها الآخر. إن هذا القسم من علم السكون يرجع إلى «مسائل الميكانيك» المنسوبة زعماً لأرسطوطاليس[(٢)].

لقد صنف اليونانيون جميع الحركات الميكانيكية إلى فئتين:

١ ـ الحركات «الطبيعية» التي تحصل من تلقاء نفسها من دون تدخل خارجي (كسقوط جسم ثقيل).

٢ ـ الحركات «القسرية» أو العنيفة التي تحدث بتأثير خارجي.

وكان اندفاع «الحركة الطبيعية» يعتبر بمثابة «مَيل» أو منحى ملازم للجسم. وقد كانت المسائل الأولية لعلم السكون اليوناني تتمثل أولاً في الوصول إلى تحديد هذا «الميل»، ومن ثم في إيجاد مركز الثقل للجسم موضوع الدراسة. فقد طرح أرخميدس هاتين المسألتين وحلّهما، كما أعطى صياغة رياضية دقيقة لمبدأ الرافعة وحدد مركز الثقل كنقطة من الجسم، بحيث إن هذا الجسم يبقى في حالة توازن عندما يتم وضعه في هذه النقطة. ولهذا السبب بالذات، يجب اعتبار أرخميدس كمؤسس حقيقي لعلم السكون كمادة نظرية.

ولم يحدد أرخميدس مركز الثقل لجسم واحد فحسب، بل حدده أيضاً لمجموعة من جسمين أو من ثلاثة أجسام. وبرهن بعد ذلك المبدأ العام للرافعة، الذي صاغه على الشكل التالي: «إن كميات متشاركة (commensurables) فيما بينها أو غير متشاركة تكون في حالة توازن على مسافات متناسبة عكسياً مع أوزانها» (يقال عن كميتين أنهما متشاركتان إذا كانت نسبة الواحدة إلى الأخرى منطّقة (المترجم)).

كما يرجع أصل الهيدروستاتيكا (علم توازن السوائل) إلى العصر القديم أيضاً. فقد كان أرخميدس، مرة أخرى، أول من اقترح نظرية توازن الأجسام المغطسة في السوائل، وأول من درس ثبات هذا التوازن.

أما فيما يتعلق بتشكل المنحى الحركي، فإنه يرجع إلى العصر الهلينستي المتأخر، حيث كانت الرافعة تُدرس آنذاك في لحظة اختلال توازنها.

وهكذا، فإن جوهر هذين المنحيين، اللذين ارتسما في علم السكون القديم، يمكن تلخيصه على الشكل التالي: في الحالة الأولى، كانت طرق الهندسة اليونانية تطبق على مسائل الرافعة في حالة التوازن الثابت؛ أما في الحالة الثانية، فكانت حركة طرفي رافعة في حالة التوازن المتقلقل تُرَدُّ، عند دراستها، إلى حركة نقطة على دائرة.

---

(٢) انـظـر: Ernest Addison Moody and Marshall Clagett, *The Medieval Science of Weights,* latin version and english translation (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1952).

أولاً: ما قبل تاريخ علم السكون العربي

إذا استعرضنا تاريخ علم الميكانيك في القرون الوسطى يظهر لنا أن علم السكون كان، على الأرجح، المادة الأكثر تأثراً بالتقليد القديم. حتى إنه باستطاعتنا أن نعرض بتسلسل تاريخي عملية الاستيعاب التي حصلت في علم السكون للإرث العلمي العائد للعصور القديمة. إن الخطوات الأولى لعلم السكون في القرون الوسطى، أكانت هندسية أم حركية (كينماتية)، ترجع إلى الشروحات والتطويرات المنجزة انطلاقاً من أعمال أرخميدس وأرسطوطاليس وهيرون الإسكندري وپاپوس الإسكندري وڤيتروڤ (Vitruve). وقد كانت لترجمات وشروحات أعمال أرسطو أهمية بالغة في هذا المجال.

إننا لا نعلم حتى الآن ما إذا كانت أعمال أرخميدس في علم الميكانيك ومؤلّف **مسائل الميكانيكا** لأرسطوطاليس المزعومة قد ترجمت إلى العربية. على أي حال، تبقى مثل هذه الترجمات مجهولة حتى الآن. وبالمقابل، فقد وصل إلينا عدد من المؤلفات المغفلة من العصر الإسكندري المتأخر، والمترجمة إما إلى العربية أو من العربية إلى اللاتينية (وبعضها منسوب إلى إقليدس وأرخميدس). ونتبين أن هذه المؤلفات قد ترجمت أولاً في أوروبا في القرون الوسطى، عندما ابتدأت هناك مرحلة استيعاب الإرث العلمي القديم والشرقي. وكما هو الأمر فيما يتعلق بالترجمات إلى السريانية وبالترجمات الأكثر قدماً إلى العربية لأعمال المؤلفين الكلاسيكيين، فقد أضحت هذه المؤلفات موضع اهتمام كبير وتم درسها في الشرق في القرون الوسطى وفي أوروبا الغربية لاحقاً. وهي تشكل، من ناحية التسلسل الزمني، بشكل أساسي، حلقة وسيطة بين ميكانيكا العصور القديمة وميكانيكا الشرق في القرون الوسطى. ومن بين هذه المؤلفات ثلاثة مغفلة من أصل يوناني وصلت إلينا في ترجمتها العربية، وهي تستحق اهتماماً خاصاً:

١ ـ المؤلف المنسوب لإقليدس وعنوانه **مقالة لإقليدس في الأثقال**(٣).

٢ ـ المؤلف **كتاب الميزان** *(Liber de canonio)*، المترجم إلى اللاتينية مباشرة عن اليونانية والمخصص لدراسة الميزان ذي الذراعين المختلفين (القبان)(٤).

---

(٣) Franz Woepcke, «Notice sur les traductions arabes de deux ouvrages perdus d'Euclide,» *Journal asiatique*, 4ème série, tome 18 (septembre-octobre 1851), pp. 217-232; traduction anglaise dans: Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 4 (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1959), pp. 24-30.

(٤) انظر: Moody and Clagett, Ibid., pp. 55-76.

٣ ـ المؤلف المغفل *(Liber Euclidis de ponderoso et levi et comparatione corporum ad invicem)* الذي وصل إلينا في ترجمتين عربية ولاتينية[٥].

كما توجد، بالإضافة إلى ذلك، ترجمة عربية بعنوان **مقالة لأرخميدس في الثقل والخفة**[٦] تقدم عرضاً موجزاً للقسم الأول وللافتراض الأول من القسم الثاني لمؤلف أرخميدس (فيما يخص الأجسام العائمة). وهي لا تتضمن سوى صياغات لافتراضات أرخميدس (من دون براهين).

في **مسائل الميكانيكا** وفي مؤلفات هيرون وغيرها من أعمال المرحلة الإسكندرية، كان المبدأ العام للرافعة مثبتاً، سواء أكان ذلك بوضوح أم لا، بواسطة علم الحركة. في حين أن **مقالة إقليدس في الأثقال** قد كتبت، بخلاف هذه المؤلفات، وفق تقاليد علم السكون الهندسي الأرخميدسي.

إن الصيغ والبراهين المستخدمة في المقالة هي أحياناً قريبة جداً من الطرق المستعملة في كتاب **الأصول** لإقليدس. إلا أن المقالة المذكورة هي، من دون أدنى شك، أكثر التصاقاً بطرق وأسلوب أرخميدس، وبشكل خاص بمؤلفه **توازن المستويات** *(Equilibre des plans)*. إلا أن المؤلف المجهول، بخلاف أرخميدس، ينتقل من المنظور المستوي إلى منظور ثلاثي الأبعاد، فهو يعتبر الرافعة كذراع متجانس واقعي أكثر مما هي خط هندسي. غير أن المبدأ العام للرافعة لم يبرهَن في هذه المقالة إلا للأثقال المتشاركة في القياس فيما بينها.

أما المؤلف الثاني **كتاب الميزان** الذي وُضع بعد مقالة إقليدس المزعومة بوقت قصير، فإنه يقترب بشكل وثيق من هذه المقالة. وهو يمثل خطوة جديدة في تاريخ علم السكون الهندسي. فانطلاقاً من مبدأ الرافعة المطبق على قضيب لا وزن له ومزود بأحمال قابلة للقياس، يباشر المؤلف لاحقاً بتحليل شروط التوازن لقضيب قابل للوزن متجانس، يحمل طرفه الأقصر حملاً معلقاً. وهكذا، فإن الأساسي في هذا الكتاب يكمن في تطوير الفكرة الرئيسة العائدة المنسوبة زعماً لإقليدس والمتعلقة بوزن القضيب. إن البرهان الذي يستخدمه مؤلف **كتاب الميزان** يرتكز على الفرضية التي تعتبر أن وزن جزء من قضيب ـ رافعة، ذي سماكة ثابتة ومصنوع من مادة متجانسة، هو مساوٍ لوزن حمل معلق في وسطه. وهذا البرهان، في الواقع، هو نتيجة لتطبيق نظرية أرخميدس المتعلقة بمركز الثقل على رافعة حقيقية، أي ذات وزن.

نتيجة لذلك، يقترب **كتاب الميزان** من مقالة إقليدس المزعومة، وفي الوقت نفسه

---

(٥) المصدر نفسه، ص ٢٣ ـ ٣١.

(٦) H. Zotenberg, «Traduction arabe du *Traité des corps flottants* d'Archimède,» *Journal asiatique*, 7ème série, tome 13 (mai-juin 1879), pp. 509-515;

الترجمة الإنكليزية في: المصدر نفسه، ص ٥٢ ـ ٥٥.

يكملها من حيث المحتوى. كما أنه قريب أيضاً من أحد المؤلفات العربية الكلاسيكية كتاب **في قَرَسطون** لثابت بن قرة[٧]، وهو سابق له تاريخياً. وهذا ما يسمح لنا بربطه بالمرحلة الأولى من تطور علم السكون في الشرق في القرون الوسطى.

إلا أن كتّاب هذه المؤلفات، وبخلاف أرخميدس الذي اختزل الأجسام الحقيقية إلى تجريدات هندسية (خطوط مستقيمة ومستويات)، قد انكبّوا على تطبيق نظرية أرخميدس الكلاسيكية في الرافعة التي لا وزن لها على مسائل واقعية في التوازن والوزنة، على الرغم من أن طرقهم في عرضهم لها ومبادئ براهينهم بقيت أرخميدسية في مضمونها وشكلها.

أما المؤلف المغفل الثالث *Liber Euclidis de ponderoso* فيناقش بعض أعمال أرسطو، حيث نجد فيه تفسيراً للمفاهيم الأرسطية في المكان والكمية والجنس والقوة.

وفي الواقع، فقد تم استخدام هذا المؤلف أكثر من الأعمال الأصلية لأرسطو، لا سيما كقاعدة لتفسير مفاهيم القوة والوزن، وكذلك بصفته أيضاً قاعدة لنظرية الحركة في وسط غير الهواء (ممتلئ)، والتي توسعت لاحقاً في الشرق في القرون الوسطى.

إن هذا المؤلف *Liber Euclidis de ponderoso*، وكذلك مقدمة مؤلف منلاوس حول وسائل تحديد تركيب السبائك بواسطة استخدام ميزان هيدروستاتي[٨]، قد وضعا أسس العلم الهيدروستاتي لذلك العصر.

وهناك تيار آخر ثبت ركائزه أيضاً في علم السكون الإسكندري المتأخر، وذلك من خلال تقليد في الموجزات التطبيقية التي تقدم تعليمات من أجل صنع أجهزة ميكانيكية. وقد نشأ هذا التيار عن **المسائل الميكانيكية** وأعمال فيلون وهيرون الإسكندري وفيتروف وغيرهم، والتحق بعلم السكون التطبيقي. وقد اشتملت هذه الأعمال على ترجمات لمؤلفات كتّاب من العصور القديمة، وعلى شروحات أكثر قدماً لهذه المؤلفات (نذكر على سبيل المثال

(٧) انظر: Thābit Ibn Qurra, *Kitāb al-qarasṭūn*, arabic text and french translation by Kh. Jaouiche; a critical analysis of this incorrect edition is given in: Wilbur R. Knorr, *Ancient Sources of the Medieval Tradition of Mechanics: Greek, Arabic and Latin Studies of the Balance,* Istituto e Museo di Storia della scienza; Monografia no. 6 (Firenze: [n. pb.], 1982); german translation, in: «Die Schrift über den Qarasṭūn,» *Bibliotheca mathematica,* vol. 3, no. 12 (1912), pp. 21-39; english translation by: Moody and Clagett, Ibid., pp. 69-78.

(٨) Thābit Ibn Qurra, *Maqāla fi misāḥāt al-mujassamāt al-mukāfiya (Livre sur la mesure des paraboloïdes);* traduction russe par Boris A. Rozenfeld, dans: *Nauchnoye nasledstvo* (Moskva: Nauka, 1984), vol. 8: *Matematicheskiye traktati,* pp. 157-196.

من أجل ترجمة جزئية بالألمانية لهذا الموضوع، انظر: Heinrich Suter, «Die Abhandlungen Thābit ben Qurras und Abū Sahl al-Kūhīs über die Ausmessung der Paraboloïde,» *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät Erlangen,* Bd. 48-49, pp. 186-227.

مؤلّف هيرون **الميكانيك** الذي ترجمه إلى العربية قسطا بن لوقا البعلبكي في القرن التاسع الميلادي).

ثانياً: التيارات الرئيسة لعلم السكون العربي ـ المصادر

بإمكاننا أن نميز ثلاثة تيارات رئيسة في علم السكون العربي.

١ ـ علم السكون النظري الذي يمثل تقليد أرخميدس **والمسائل الميكانيكية**، ويضاف إليه المبدأ الدينامي لأرسطو وعلم الوزنة المقرون به؛

٢ ـ الهيدروستاتيكا وعلم الأوزان النوعية؛

٣ ـ علم الآليات البارعة (أي علم الحيل وهي الترجمة الحرفية لكلمة «méchané» اليونانية)، الذي يتضمن أيضاً «علم رفع الماء»، بالإضافة إلى علم صناعة «الآلات البسيطة» وتركيباتها المتنوعة. ونذكر في هذا المجال أن أغلبية الموسوعات الشرقية في القرون الوسطى كانت تعطي بالضبط هذا التعريف الحصري لعلم الميكانيك.

نملك في الوقت الحاضر أكثر من ستين مؤلفاً في علم السكون من الشرق في القرون الوسطى. وهذه المؤلفات مكتوبة بالعربية أو بالفارسية، ومن بينها توجد أعمال لا يرقى الشك إلى كتّابها، كما توجد أخرى مغفلة، في حين أن بعض الأعمال لم يصل إلينا إلا ضمن مؤلفات كتّاب آخرين.

إن أغلبية هذه الأعمال تدور حول «علم السكون التطبيقي» (علم الحيل). فنجد من ضمنها **كتاب الحيل** لبني موسى[٩] (القرن التاسع الميلادي) والذي كتبت عنه شروحات ومؤلفات كثيرة، كما نجد **كتاب في معرفة الحيل الهندسية** للجزري[١٠] (القرن الثاني عشر

---

(٩) انظر: محمد بن موسى بن شاكر، **كتاب الحيل**، نشرة نقدية للنص العربي من قبل أحمد يوسف الحسن بالتعاون مع محمد علي خيّاطة ومصطفى تعمري، مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة تاريخ التكنولوجية؛ ٣ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١)؛ الترجمة الإنكليزية: Mohammed Ibn Musa Ibn Shākir, *Banū (Sons of) Mūsā Ibn Shākir: The Book of Ingenious Devices (Kitāb al-ḥiyal)*, translated by Donald Routledge Hill (Dordrecht; Boston; London: Reidel Publishing Company, 1979), reprinted (Islamabad: [n. pb.], 1989).

انظر أيضاً: F. Rosen, *The Algebra of Mohammed ben Musa* (London: [n. pb.], 1831).

(١٠) انظر: Abu al-Izz Ismail Ibn al-Razzaz al-Jazarī, *A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts*, critical edition by Ahmad Y. al- Hasan (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979); english translation: *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, translated with notes by Donald Routledge Hill (Dordrecht; Boston: Reidel Publishing Company, 1974).



الصورة رقم (١٨ ــ ١)
الجزري، كتاب في معرفة الحيل الهندسية
(اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٦١).
يصب هذا الطاووس الماء للوضوء.



الصورة رقم (١٨ ـ ٢)
الجزري، **كتاب في معرفة الحيل الهندسية**
(اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٦١).
يملأ الخزان الأعلى بشراب وعندما يصب الشراب بمقدار معين،
يتحرك الجهاز المائي ويخرج من الباب شخص صغير.

الميلادي) و**معيار العقل** لابن سينا[١١] (القرن الحادي عشر الميلادي)، ولا نعدد في هذا الإطار الفصول التي كتبها هذا الأخير حول الميكانيك في أعماله الموسوعية، وهي فصول ارتكزت على كتاب **المسائل الميكانيكية** وعلى **ميكانيك** هيرون. وقد كانت الموسوعات العلمية في القرون الوسطى تحتوي، وفق العرف، على قسم مخصص للميكانيك. وأكثرها كمالاً كانت موسوعة أبي عبد الله الخوارزمي[١٢] **مفاتيح العلوم**، التي تضمنت فصلاً كاملاً مكرساً للميكانيك. وفي بعض الموسوعات كان «علم رفع الماء» يدرج تحت عنوان مختلف، فقد اعتبر آنذاك كقسم من الهندسة.

أما الأعمال ذات الطبيعة النظرية، فهي أقل عدداً. وبإمكاننا أن نشير أولاً إلى سلسلة من المؤلفات في «القَرَسطون» (ميزان بذراعين مختلفي الطول) منها **كتاب في قرسطون** لثابت بن قرة (القرن التاسع الميلادي). وهذا الكتاب هو الأكثر أهمية ودلالة ضمن هذه السلسلة من الناحيتين التاريخية والعلمية. ثم يأتي ثانياً **كتاب ميزان الحكمة** للخازني[١٣] (القرن الثاني

---

(١١) انـظـر: Avicenna, *Liber de anima seu sextus de naturalibus, I, II, III,* edited by S. Van Riet (Louvain: E. Peeters; Leiden: E. J. Brill, 1972); Abū'Ali Husain Ibn 'Abd Allah Ibn Sinā: *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology),* translated by F. Rahman (Oxford: [n. pb.], 1952); *Le Livre de science,* traduit par Mohammad Achena et Henri Massé (Paris: Société d'édition «Les Belles lettres», 1955-1958); *A Compendium on the Soul,* translated by Edward Abbott Van Dyck (Verona: Stamperia di N. Paderno, 1906);

انظر أيضاً: أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا: **معيار العقول** (النص الفارسي)، تصحيح جلال الدين همائي، سلسلة انتشارات أنجمن آثارملي؛ ٢٤ (طهران: [د.ن.]، ١٣٣١هـ/ ١٩٥٢م)؛ **كتاب الشفاء** نشر ف. رحمن (لندن: مطبوعات جامعة أوكسفورد، ١٩٧٠)؛ **كتاب الشفاء ـ الطبيعيات**، نشر ج. قنواتي وس. زايد (القاهرة: [د.ن.]، ١٩٧٠)، الفصل ٦: «كتاب النفس»، و**جوامع علم الموسيقى**، نشر زكريا يوسف (القاهرة: دار الكتب، ١٩٥٦)، «الشفاء، الرياضيات، ٣».

(١٢) انظر: Abū 'Abd Allāh Muhammad Ibn Ahmad al-Kuwārizmi, *Liber mafātīh al-olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jusof al-Kātib al-Khowarezmi,* edidit et indices adjecit G. Van Vloten (Lugduni-Batavorum: E. J. Brill, 1895), réimprimé (Leiden: E. J. Brill, 1968).

(١٣) أبو منصور عبد الرحمن الخازني، **كتاب ميزان الحكمة** (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٤١)؛ انظر أيضاً الترجمة الإنكليزية، في: N. Khanikoff, «Analysis and Extracts of *Kitāb mīzān al-hikma (Book on the Balance of Wisdom):* An Arabic Work on the Water-Balance, Written by al-Khāzinī in the Twelfth Century,» *Journal of the American Oriental Society,* vol. 6 (1859), pp. 1-128; russian translation by: M. M. Rozhanskaya and I. S. Levinova, «Al-Khāzinī Kniga vesov mudrosti,» in: *Nouchnoye nasledstvo* (Moskva: Nauka, 1983), vol. 6, pp. 15-140.

انـظـر أيـضـاً: «Al-Khāzinī,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 7, pp. 335-351.

عشر الميلادي) والذي يمكن اعتباره بحق موسوعة لعلم السكون في الشرق في القرون الوسطى. فقد أدرج المؤلف في كتابه موجزات عديدة لأعمال أسلافه، ومن بينهم القوهي (القرن العاشر للميلاد) وابن الهيثم (القرنان العاشر والحادي عشر للميلاد) والرازي (القرن الحادي عشر للميلاد) وعمر الخيام (القرنان الحادي عشر والثاني عشر للميلاد) وغيرهم، ونذكر أن أعمال هؤلاء المؤلفين قد ضاعت.

وهناك سلسلة ثالثة من المؤلفات، على جانب من الأهمية من ناحية الكمية، وقد خصصت لمسألة تحديد الوزن النوعي للمعادن والمواد المعدنية، وكما احتوت على حلول نظرية لهذه المسائل فقد تضمنت أيضاً حلولاً تطبيقية. وقد كانت هذه المواضيع مركزية في مؤلف الخازني، كما أن البيروني خصص لها بعضاً من أعماله(١٤)، وكذلك النيريزي(١٥) وعمر الخيام، هذا من دون أن نحصي أعمال أسلافهم وتلاميذهم في هذا المجال.

ثالثاً: علم السكون النظري

إن مسائل علم السكون الرئيسة التي عولجت في الشرق في القرون الوسطى تتعلق، كما رأينا سابقاً، بنظام البديهيات، وكذلك بمفاهيم القوة، والوزن والثقل(١٦)، ونظريات الرافعة ومركز الثقل، والتوازن وثباته، وأخيراً بالهيدروستاتيكا.

غير أننا نشير إلى أن مسائل علم السكون النظري لا يمكن فصلها عن مسائل ديناميكا ذلك العصر إلا بشيء من الصعوبة. وهذا عائد ليس فقط لأن علم السكون كان يرتكز على تأليف التقاليد الهندسية والدينامية لعلم الميكانيك القديم، بل أيضاً لسبب بسيط هو أن رجال العلم، في الشرق في القرون الوسطى، قد عمموا بعض مبادئ علم السكون وطبقوها على أجسام في حالة الحركة. فتعليم العصور القديمة حول مسائل الحركة، والذي يرجع كلياً إلى التقليد الفلسفي، قد أعطي آنذاك منحى رياضياً وأعد ليوافق مضمون علم

---

(١٤) Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad al-Bīrūnī, «Maqāla fī al-nisab allatī bayna al-filizzāt wa al-jawāhir fī al-ḥajm (Le Livre sur la relation existant entre les volumes des métaux et ceux des pierres précieuses),» traduction russe par M. M. Rozhanskaya et B. A. Rozenfeld, dans: *Nauchnoye nasledstvo*, vol. 6, pp. 141-160.

إنه لفرح وواجب علي أن أنوّه بأن البروفسور إدوارد س. كينيدي (E. S. Kennedy) قد أرسل، من بيروت، نسخة عن النسخة الوحيدة لهذه المخطوطة وذلك لترجمتها إلى الروسية.

(١٥) انظر: Eilhard E. Wiedemann, «Über Bestimmung der Spezifischen Gewichte: Traktat von Abū Manṣūr al-Nayrīzī über die Bestimmung der Zusammensetzung Gemischter Körper,» in: Eilhard E. Wiedemann, *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte*, Collectanea; VI, 2 vols. (Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970), vol. 1, pp. 243-246.

(١٦) هذا التعبير الذي استخدمه العرب وهو مرادف لمصطلح «الجاذبية». (المترجم).

السكون الهندسي العائد لأرخميدس. ونتيجة لذلك يجب درس بعض مفاهيم الميكانيك، كالقوة والوزن ومركز الثقل ومركز الكون... الخ، من جانبين مختلفين، أحدهما سكوني (استاتي) والآخر دينامي.

١ ـ الوزن، الثقل، القوة

إن مفهومي القوة والوزن قد عولجا في علم الميكانيك في الشرق في القرون الوسطى من ثلاث زوايا مختلفة:

أ ـ بالجمع بين مفهومي «الموضع الطبيعي» و«مركز الكون» بالمعنى الأرسطي لهذين المصطلحين؛

ب ـ بواسطة المفاهيم الرئيسة لعلم السكون الهندسي بالمعنى الأرخميدسي؛

ج ـ بتطبيق النظرية الأرسطية لحركة الأجسام في وسط غير الهواء (ممتلئ).

إننا لن نتطرق هنا إلى الجانب الثالث، لأنه يرتبط بحركة الأجسام أكثر من ارتباطه بتوازنها. لذلك سنبحث في جانبين مختلفين لمفهومي القوة والثقل. ونستطيع أن نقوّم إنجازات تم تحقيقها في علم الميكانيك العربي، فيما يتعلق بهذين المفهومين، استناداً إلى مصدرين رئيسين هما **كتاب في قرسطون** لثابت بن قرة و**كتاب ميزان الحكمة** للخازني. وقد تضمن الكتاب الأخير موجزات لأعمال مؤلفين قدامى، وكذلك لبعض أعمال القوهي (القرن العاشر للميلاد) وابن الهيثم (القرنان العاشر والحادي عشر للميلاد) والإسفزاري (القرن الحادي عشر للميلاد) في علم السكون النظري، كما تضمن نتائج المؤلف الخاصة.

لقد كان هؤلاء المؤلفون يميزون بين وزن الجسم وثقله، فبالنسبة إليهم، كان وزن الجسم ثابتاً ويمكن قياسه بواسطة الوزنة. ووفقاً للتقليد القديم، كانوا يقرنون وزن الجسم بالضغط الذي يحدثه حِمل على الميزان خلال الوزنة. أما الثقل، فكانوا يعتبرونه كمية متغيرة تبعاً لموقع الجسم بالنسبة إلى نقطة خاصة يمكن أن تكون إما «مركز الكون» ـ فحسب رأي الأقدمين، يتطابق مركز الأرض مع «مركز الكون» ـ وإما محور دوران رافعة.

إذا كان الاعتبار أن ثقل الجسم يتعلق بموقعه بالنسبة إلى «مركز الكون»، فإن هذه الفكرة تكون قد أخذت من المفاهيم الأرسطية عن «الحركة الطبيعية» و«الموضع الطبيعي».

لكن إذا كان مفهوم الثقل مرتبطاً بموضع الحمل على ذراع الرافعة، فإنه في هذه الحال يكون قد انبثق من الرأي الذي عبر عنه مؤلف **المسائل الميكانيكية**، والذي يقول إن الوزن نفسه يضغط نحو الأسفل بشكل مختلف تبعاً لموضعه على ذراع الرافعة.

فيما بعد، قرن رجال العلم العرب مفهوم «الثقل» مع مفهوم «القوة». وقد حددوا

هذا الارتباط حسب ما عبر عنه الخازني (على خطى القوهي وابن الهيثم) بما معناه[١٧]: «إن جسماً ذا وزن هو جسم يتحرك باتجاه مركز الكون تحت تأثير القوة الموجودة في هذا الجسم، وهذه القوة تحرك الجسم فقط نحو مركز الكون وليس في أي وجهة أخرى وهي من الخواص الداخلية لهذا الجسم لا تتركه ما لم تبلغ مركز الكون هذا»[١٨].

إن هذا التحديد هو أرسطي صرف. والنقطة المهمة هي أن «الجسم» ينجز حركة «طبيعية» نحو «مكانه الطبيعي» الذي هو «مركز الكون». وقد اعتُمد مفهوم القوة كـ «مَيلٍ» أي كنوع من القدرة للجسم على إنجاز عمل ما؛ والمصطلح، بهذا المعنى، مشابه للتعبير اليوناني «ropê». بعد ذلك، صاغ الخازني العلاقة بين هذه «القوة» والخصائص الفيزيائية للجسم الثقيل كالثقل النوعي (الكثافة) والحجم والشكل[١٩]:

١ - بإمكان الأجسام الثقيلة أن يكون لها قوى مختلفة. وذات الكثافة الأعظم يكون لها القوة الأعظم.

٢ - الأجسام التي لها قوة أدنى لها كثافة أدنى.

٣ - إذا كانت الكثافة أعظم تكون القوة أعظم.

٤ - الأجسام التي لها نفس القوة لها نفس الكثافة.

٥ - الأجسام ذات الأحجام عينها والوزن عينه والمتطابقة شكلاً لها نفس القوة[٢٠].

هذه الافتراضات الخمسة التي أوردها الخازني في مؤلفه هي مطابقة للبديهيتين السابعة والتاسعة الواردتين في كتاب إقليدس المزعوم *Liber Euclidis de ponderoso* الذي تحدثنا عنه سابقاً. وقد أدرج بأكمله في **كتاب ميزان الحكمة**. ونستطيع التأكيد أن كتاب إقليدس هذا، بالإضافة إلى **طبيعيات** أرسطو، قد كان من دون شك من بين الأعمال الرئيسة التي ارتكز عليها القوهي وابن الهيثم.

وبما أن ثقل الجسم مقترن بقوته، وأن هذه الأخيرة تترك الجسم عندما يدرك «مركز الكون»، لذلك فإن «الثقل» يجب أن يكون معدوماً في هذا المركز. وانطلاقاً من هذا الواقع، كان الاعتقاد أن «الثقل» هو قيمة متغيرة. أما فيما يتعلق بالمسافة بين الجسم و«مركز الكون» فقد حددت كمقطع من خط مستقيم يصل مركز ثقل الجسم مع «مركز الكون».

وقد أظهر القوهي وابن الهيثم أن ثقل الجسم يتعلق من دون أدنى شك بهذه المسافة.

---

(١٧) بتصرف. (المترجم).

(١٨) انظر: Khanikoff, «Analysis and Extracts of *Kitāb mīzān al-ḥikma (Book on the Balance of Wisdom):* An Arabic Work on the Water-Balance, Written by al-Khāzinī in the Twelfth Century,» p. 16.

(١٩) بتصرف. (المترجم).

(٢٠) المصدر نفسه، ص ١٦.

فالأجسام التي تملك الثقل نفسه كانت محددة بأنها متساوية في القوة والحجم والشكل، وأخيراً موجودة على مسافة واحدة من «مركز الكون». وبالمقابل، إذا كانت أجسام تملك نفس القوة والحجم والشكل، ولكنها تقع على مسافات مختلفة من «مركز الكون»، فإنها تملك آنذاك «أثقالاً» مختلفة[٢١].

ويمكننا أن نلاحظ أن القوهي وابن الهيثم يستوحيان، في هذا المجال، كتاب إقليدس *Liber Euclidis de ponderoso* (في الثقيل والخفيف). ثم يطور الخازني هذا الافتراض أكثر فأكثر فيذكر ما معناه[٢٢]: «ان ثقل الجسم الوازن ذي الوزن المعلوم والموجود على مسافة ما من مركز الكون، متعلق ببعد هذا الجسم عن مركز الكون. وكلما زاد ابتعاد الجسم عن مركز الكون، ازداد ثقله؛ وكلما زاد اقترابه من المركز زادت خفته. ولهذا فإن أثقال الأجسام تتناسب مع مسافاتها عن مركز الكون»[٢٣].

ووفقاً للخازني، فإن واقع أن ثقل الجسم يتغير تبعاً لبعده عن مركز الكون، مرتبط بتغيرات كثافة «الفضاء»، أي الوسط المحيط بالأرض. فهذه الكثافة تكون قصوى على سطح الأرض وتصبح معدومة على محيط الفضاء. إن ثقل الجسم هنا يتخذ مفهوماً مشابهاً للمفهوم الحديث عن الطاقة الكامنة[٢٤].

وهكذا، كان مؤلِّف كتاب **ميزان الحكمة** أول من وضع، في تاريخ علم الميكانيك، الفرضية التي تقول إن أثقال الأجسام تتغير تبعاً لبعدها عن مركز الأرض. ولم يأخذ أي مؤلَّف من المؤلفات في القرون الوسطى التي نعرفها هذه المسألة بعين الاعتبار.

وهناك جانب آخر لمفهوم الثقل اقترن باستخدام آخر، وهو يشير هذه المرة إلى حمل معلق في طرف رافعة. وهنا أيضاً ينبغي أن نعود قبل كل شيء إلى **كتاب في قرسطون** لثابت بن قرة، حيث يقترح صياغتين مختلفتين لمبدأ الرافعة. ترجع الصياغة الأولى إلى مسلَّمة عبر عنها مؤلِّف **المسائل الميكانيكية**، وهي تقول إن حملاً واحداً يملك ثقلاً مختلفاً تبعاً لتغير موقعه على ذراع الرافعة. أما بالنسبة إلى الصياغة الثانية، فإن ثابت بن قرة يستخدم الطرق الدقيقة للرياضيات القديمة لكي يدرس تباعاً توازن حملين على رافعة لا وزن لها، وتوازن عدد معين من الأحمال، وأخيراً توازن حمل دائم. ويتوصل في النهاية إلى تحديد مركز الثقل لمجموعة وازنة. وفي الحالتين، يكون ثقل الجسم مرتبطاً بموضعه على الرافعة. ووفقاً لثابت ابن قرة، يمكن للثقل أن يتغير تبعاً لهذا الموضع. فعلى سبيل المثال، إن جسماً موضوعاً

---

(٢١) المصدر نفسه، ص ٢٠.

(٢٢) بتصرف. (المترجم).

(٢٣) المصدر نفسه، ص ٢٤.

(٢٤) انظر: M. M. Rozhanskaya, *Mechanica na Srednevokom Vostoke* (Moscow: Nauka, 1976), p. 146.

على ذراع الرافعة الطويل يملك ضغطاً أكثر قوة (أي أنه يملك ثقلاً أكبر) من نفس الحمل الموضوع على الذراع القصير. وفي هذه الحالة، فإن التعبير «ثقل» يعني أساساً عزم قوة بالنسبة إلى نقطة معينة.

لقد جمع القوهي وابن الهيثم، ومن بعدهما الخازني، هذين الجانبين لمفهوم الثقل، أي الجانب الذي يشير إلى الميل الطبيعي للجسم وإلى بعده بالنسبة إلى مركز الكون، والجانب الآخر الذي يعبّر عن الثقل بواسطة المسافة بين الجسم ومحور التعليق في الرافعة.

وفي كلتا الحالتين يرتبط وزن أو ثقل الجسم بموضعه بالنسبة إلى نقطة معينة.

إن الجانب الأول لمفهوم الثقل لم يسمح بأي تطور في علم الميكانيك في القرون الوسطى، سواء أكان ذلك في الشرق أم في الغرب. ولم يتم اكتشاف ظاهرة تغير ثقل الأجسام، تبعاً لتغير بعدها بالنسبة إلى مركز الأرض، إلا في القرن الثامن عشر الميلادي، بعد تحقيق بعض المنجزات في نظرية الجاذبية.

ويمكننا اعتبار الجانب الثاني كنموذج أولي لمفهوم أكثر حداثة (الثقل المتغير تبعاً للمكان). وقد استُخدم هذا المفهوم بشكل واسع في علم السكون الأوروبي في القرون الوسطى، ولا سيما في أعمال جوردانوس (Jordanus de Nemore)، وكذلك في أعمال تلامذته وأتباعه[٢٥].

فهذا الأخير، بالذات، هو الذي طرح كمسلّمة الفرق بين الوزن، المعتبر كقيمة ثابتة، والثقل، المعتبر ككمية متغيرة. وهذه المسلمة هي مميزة لعلم السكون العربي.

نشير أخيراً إلى احتمال كبير أن تكون الكلمتان اللاتينيتان «pondus» و«gravitas» ترجمتين حرفيتين للمصطلحين العربيين «وزن» و«ثقل».

٢ ـ مركز الثقل

لقد ظهر مفهوم مركز الثقل، كما رأينا سابقاً، للمرة الأولى في أعمال أرخميدس. فوفقاً له، إن مركز الثقل للجسم هو نقطة خاصة في داخله، بحيث إن الجسم إذا وُضع (عُلّق) في هذه النقطة، فإنه يبقى في حالة السكون ويحافظ على وضعه الأصلي، وذلك لأن جميع المستويات التي تمر بهذه النقطة تقسم الجسم إلى أجزاء تتوازن فيما بينها.

وقد أعد أرخميدس طرقاً لتحديد مركز الثقل للجسم، وكذلك لمجموعة أجسام. لكنه اختزل المسألة إلى الهندسة البحتة، حيث استبدل جسماً حقيقياً، أو مجموعة أجسام حقيقية، بأشكال مستوية.

(٢٥) انظر: المصدر نفسه، ص ١٤٧، و Moody and Clagett, *The Medieval Science of Weights*, pp. 69-112, 119-228 and 182-190.

وقد تم تطبيق نتائج أرخميدس الكلاسيكية، في بعض أعمال القوهي وابن الهيثم والإسفزاري، على أجسام ثلاثية الأبعاد، وكذلك على أنظمة أجسام ثلاثية الأبعاد. فقد عرض هؤلاء المؤلفون تقريباً مجمل بديهيات أرخميدس المتعلقة بمركز الثقل، لكنهم طبقوها على أجسام وازنة حقيقية.

وقد صاغ القوهي وابن الهيثم البديهيات التالية[٢٦]:

«١ ـ إذا كان جسمان مرتبطين فيما بينهما بحيث لا تتغير وضعية أي منهما بالنسبة إلى الآخر، فإن الجمع الذي يؤلفان، له مركز ثقل، مشترك بينهما، وهذا المركز تشكله نقطة وحيدة.

٢ ـ إذا ارتبط جسمان معاً بجسم ثالث مركز ثقله موجود على الخط المستقيم الذي يصل مركزي ثقلهما، يكون مركز ثقل النظام المؤلف من هذه الأجسام الثلاثة موجوداً على نفس الخط المستقيم.

٣ ـ إذا وازن جسم ثقيل جسماً ثقيلاً آخر، فإن أي جسم آخر له نفس ثقل الجسم الثاني، يوازن الجسم الأول على ألا تبدل مواقع أي من مراكز ثقل الأجسام الثلاثة.

٤ ـ لنأخذ جسمين متوازنين. فإذا انتزعنا أحدهما ووضعنا في مركز ثقله جسماً أثقل منه، فليس بإمكان الجسم الباقي موازنة الجسم الجديد. فيجب عندئذٍ استبدال الجسم الباقي بجسم أثقل لاستعادة التوازن.

٥ ـ إذا كان جسمان مرتبطين فيما بينهما، فإن نسبة ثقليهما هي عكس نسبة المسافتين بين مركزي ثقلهما ومركز ثقلهما المشترك أي مركز ثقل ما يشكله جمعهما»[٢٧].

نضيف إلى هذه المجموعة من البديهيات ثلاث صيغ لا تصلح إلا لأشكال ثلاثية الأبعاد، منها موشور قائم الزاوية وموشور متوازي السطوح (وهو جسم ذو أضلاع متوازية وأجزاء متشابهة):

«١ ـ مركز الثقل لجسم ذي أضلع متوازية وأجزاء متساوية هو مركزه [الهندسي] أي نقطة التقاء أقطاره.

٢ ـ إذا كان لدينا جسمان مختلفان متساويا القوة ولهما أضلع متوازية وعواميد متساوية، فإن نسبة ثقليهما هي كنسبة حجميهما.

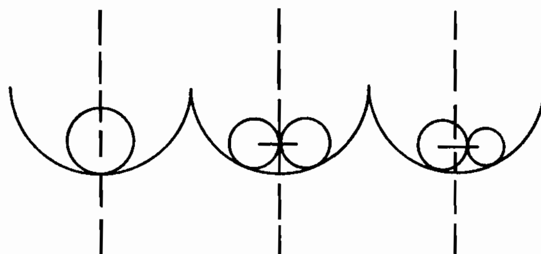
٣ ـ إذا كان لجسم ما أضلع متوازية وقطع بسطح موازٍ لهذه الأضلع، فإنه ينقسم إلى

(٢٦) بتصرف. (المترجم).

(٢٧) انـظـر: Khanikoff, «Analysis and Extracts of *Kitāb mīzān al-ḥikma (Book on the Balance of Wisdom):* An Arabic Work on the Water-Balance, Written by al-Khāzinī in the Twelfth Century,» pp. 19-20.

جسمين لهما أيضاً أضلع متوازية ولكل منهما مركز ثقله الخاص به. ومركز ثقل الجسم الكامل يقع على الخط المستقيم الذي يجمع بين مركزي ثقل الجسمين الحاصلين. ونسبة ثقلي الجسمين هي عكس نسبة مقطعي هذا الخط المستقيم»[٢٨].

اقتصر بحث القوهي وابن الهيثم على تعديل وإكمال مجموعة البديهيات الأرخميدسية بهدف تطبيقها على أمثلة ثلاثية الأبعاد. في حين ذهب الإسفزاري إلى أبعد من ذلك وأنشأ نظرية مركز الثقل لنظام من أجسام ثلاثية الأبعاد، حيث تكون هذه الأجسام غير مرتبطة بصلابة فيما بينها. وقد ارتكز على نتائج التجربة التالية: ندع كرات تتدحرج في وعاء نصف كروي؛ نرمي أولاً كرة واحدة، ثم كرتين متساويتين في القطر والوزن، وأخيراً كرتين مختلفتين في القطر والوزن (انظر الشكل رقم (١٨ ـ ١)). وهكذا يمكننا دراسة مركز الثقل لجسم ثقيل واحد في الحالة الأولى، وكذلك لمجموعة من جسمين منفصلين بعضهما عن بعض في الحالتين الثانية والثالثة. ففي الحالة الأولى، يكون مركز ثقل الكرة موجوداً على السهم الذي يصل مركز ثقل الوعاء مع مركز الكون. وفي الحالة الثانية يكون مركز ثقل المجموعة في نقطة تقاطع هذا السهم مع الخط المستقيم الذي يصل مركزي ثقل الكرتين. وفي الحالة الثالثة، يكون مركز الثقل في نقطة من السهم تبعد عن مركزي ثقل الكرتين بمسافتين متناسبتين عكسياً مع وزنيهما[٢٩].



الشكل رقم (١٨ ـ ١)

يكشف الخازني أولاً في مؤلفه عن نتائج أعمال أسلافه، ثم يحدد فيما بعد مركز الثقل لمجموعة أجسام متصلة بصلابة فيما بينها، متخذاً كمثال لهذه المجموعة ميزاناً ذا كفتين (وهو مؤلف من رافعة ميزان وكفتين وأوزان). ويحسب أولاً مركز ثقل الكفتين وهما فارغتان، ثم مركز ثقل الكفتين وهما محملتان. فالخازني يختزل مسألة ثلاثية الأبعاد إلى مسألة مستويات (فهو ينتقل مباشرة من جسم إلى أشكال مستوية)، وأخيراً إلى مسألة مقارنة بين أسطح مستوية، وهذا الأمر هو سمة مميزة لأعمال الخازني.

---

(٢٨) المصدر نفسه، ص ٢٠.

(٢٩) المصدر نفسه، ص ٤٠.

إن تطور التقليد الأرخميدسي لم يكن، مع ذلك، يمثل في العلم العربي سوى جانب واحد من جوانب النظرية المتعلقة بتحديد مركز الثقل. فالكتّاب العرب الذين ورد ذكرهم سابقاً يرجعون جميعهم إلى نظام من البديهيات الهندسية، لكنهم في الوقت نفسه يصوغون مسلمات تمزج هذه البديهيات الأرخميدسية مع اعتبارات نابعة من الديناميكا. ففي استدلالاتهم، يقترن مفهوم مركز الثقل مع مفهوم الثقل بصفته قوة، ومع فكرة مركز الكون.

ويصوغ الخازني، بعد القوهي وابن الهيثم، عدداً من المسلمات، من بينها اثنتان تملكان أهمية خاصة[٣٠]:

«(١) إن النقطة من الجسم الثقيل التي تنطبق مع مركز الكون عند كون هذا الجسم في حالة السكون، تسمى مركز ثقل هذا الجسم»[٣١].

«(٢) إذا وصلت حركة الجسم إلى غايتها فإن ميول جميع أجزاء هذا الجسم نحو مركز الكون هي نفسها»[٣٢].

إن التحديد الأول هو مثال كلاسيكي لاندماج التقليدين الهندسي والدينامي. أما المسلمة الثانية فقد صيغت بروحية التقليد الدينامي. إلا أن ما يبدو، للوهلة الأولى، نابعاً من روحية دينامية بحتة، هو في الواقع مرتكز على أعمال أرخميدس. ومما لا شك فيه أن القوهي وابن الهيثم عندما يثيران مسألة الميل نفسه عند جميع أجزاء الجسم نحو مركز الكون، فإنهما يتعاملان في الواقع مع مفاهيم أرخميدس عن الميل (ropê) وعن تساوي عزوم القوة. فقد تم فعلاً تحديد مركز ثقل الجسم كنقطة يكون فيها مجموع عزوم قوى الجاذبية المؤثرة على الجسم معدوماً.

عرض القوهي وابن الهيثم نظام البديهيات هذا لجسم واحد ثقيل. ثم وسع الإسفزاري تطبيق هذا النظام على أنظمة أجسام ثقيلة. فأعلن أن كل جسم ثقيل يميل نحو مركز الكون. وخلال مساره نحو هذا المركز، قد يصادف هذا الجسم عائقاً، على سبيل المثال جسماً آخر ثقيلاً. آنذاك، يتحرك كل واحد منهما نحو مركز الكون، ويتلامس الجسمان في حركتهما بحيث «يمكن القول إنهما يصبحان جسماً ثقيلاً واحداً له مركز ثقل وحيد مشترك بين الجسمين»[٣٣] مقترباً من مركز الكون[٣٤]. ويتضح أن مركزي ثقل الجسمين يقعان على مسافتين من مركز الثقل المشترك، متناسبتين عكسياً مع ثقلي هذين

(٣٠) بتصرف. (المترجم).
(٣١) المصدر نفسه، ص ١٧.
(٣٢) المصدر نفسه، ص ١٨.
(٣٣) بتصرف. (المترجم).
(٣٤) المصدر نفسه، ص ٣٩.

الجسمين. ويذكر الإسفزاري[٣٥] «أن وجود مثل هذه العلاقة هو علة سكون هذين الجسمين لأن مركز ثقل كل منهما يميل نحو مركز الكون بتوافق مع هذه القوة»[٣٦].

٣ ـ مبدأ الرافعة: توازن نظام من عدة أجسام (ثبات التوازن)

إن علم السكون، بصفته علم الوزنة، قد ارتكز في العصور القديمة وكذلك في الشرق في القرون الوسطى على مبدأ الرافعة. وكان الأساس في نظرية الرافعة يُختزل في هذه الحالة إلى مسألة توازن نظام مؤلف من جسمين. وأرخميدس نفسه لم يأخذ في الاعتبار إلا مثال رافعة غير وازنة وفي حالة توازن، فقد صوّرها كمقطع من خط مستقيم مثبت في نقطة معينة، وفي أطرافها تتدلى أحمال بواسطة خيطان غير وازنة. إن مبدأ أرخميدس ينتج مباشرة من نظريته الخاصة عن مركز الثقل.

وهناك مقاربة أخرى لنظرية الرافعة ترجع إلى تقليد علم الحركة (التقليد الكينماتي) العائد لكتاب **المسائل الميكانيكية**، والذي يرتكز على دراسة رافعة عند اختلال توازنها. وفي هذه الحالة، تستند برهنة مبدأ الرافعة على الفكرة التي مفادها أنه إذا اختل توازن رافعة، فإن ذراعها يرسم قوس دائرة يكون طوله متناسباً عكسياً مع قيمة الحمل المدلّى.

وقد استخدم الكتّاب العرب كلاً من هذين التقليدين، إذ إننا نجد الصيغتين لمبدأ الرافعة في مؤلف واحد، على سبيل المثال في **كتاب في قرسطون** أو أيضاً في **كتاب ميزان الحكمة**.

ففي **كتاب في قرسطون** نجد مبدأ الرافعة مبرهناً مرتين. وفي برهانه **الأول**، ينطلق ثابت بن قرة من **المسائل الميكانيكية**. ويختزله، من حيث الأساس، إلى مقارنة مساحتي قطاعين يرسمهما ذراعا الرافعة الوازنة عند اختلال توازنها. وهذا البرهان ليس دقيقاً. فثابت بن قرة يأخذ نموذجاً ميكانيكياً للظاهرة، ويعطي تفسيراً هندسياً لها. أما البرهان **الثاني**، الأكثر دقة، فيعود إلى التقليد الأرخميدسي. وهو نتاج لتطبيق رياضيات العصور القديمة على مسائل علم السكون: كنظرية النسب لأوذكسوس وإقليدس، وطريقة أرخميدس في الحسابات التكاملية العليا والدنيا. وفي هذا البرهان يستخدم ثابت بن قرة المفاهيم الرئيسة لكتاب إقليدس **حول الميزان** ولكتاب *Liber de Canonio*.

في كتاب إقليدس **حول الميزان** لم يبرهن المؤلف المبدأ العام للرافعة إلا للأوزان المتشاركة في القياس فيما بينها، وللوهلة الأولى، لرافعة غير وازنة. إلا أنه، أثناء برهانه،

(٣٥) بتصرف. (المترجم).

(٣٦) المصدر نفسه، ص ٣٩.

يقسم ذراع الرافعة إلى عدد عشوائي من الأجزاء المتساوية، ويعلق أوزاناً متساوية في النقاط الفاصلة ما بين الأجزاء، ثم يبرهن أن هذه الأوزان جميعها يمكن استبدالها بوزن واحد، يعلق في وسط الذراع ويكون مساوياً لمجموع الأوزان، أي مساوياً لمحصلتها. وهكذا، ينتقل من خط هندسي إلى رافعة وازنة.

أما مؤلف *Liber de Canonio* فينطلق مما تم إثباته في كتاب إقليدس، ويستخدم مفهوم الرافعة الوازنة منذ بداية برهانه. فهو يعتبر الرافعة كقضيب[(٣٧)] وازن متجانس ذي سماكة ثابتة. وفي مجرى برهانه، يمثل وزن جزء من الذراع كحِمل موزع بانتظام على طول هذا الجزء، مما يسمح باستبداله بحمل معادل معلق في هذا الجزء، على أن نفترض في هذه الحالة أن الجزء لا وزن له.

وقد استخدم ثابت بن قرة هذين المفهومين وطورهما. فقد درس تباعاً الرافعات المزودة بأوزان متشاركة فيما بينها وغير متشاركة، آخذاً أولاً رافعة غير وازنة ومن ثم رافعة وازنة. وفي هذه الحالة، يتم اختزال مسألة توازن رافعة وازنة إلى حساب محصلة حِملٍ متواصل موزع بانتظام على مقطع من الذراع، أو بعبارة أخرى، إلى حساب مركز ثقل مقطعٍ وازن.

والمسألة، بمصطلحات رياضية، معادلة لحساب التكامل $\int_a^b x dx$، أي لحساب مقطع من جسم مكافئ. وقد حل ثابت بن قرة هذه المسألة في مؤلفه **مقالة في مساحة المجسمات المكافئة**[(٣٨)]. يبدأ ثابت بن قرة بتحديد محصلة قوتين متساويتين، ثم يعمم النتيجة التي حصل عليها على أي عدد عشوائي من القوى المتساوية وعلى عدد لانهائي من هذهِ القوى، ليخلص في النهاية إلى دراسة حمل ثابت موزع بانتظام على «قضيب». ويعطي برهاناً دقيقاً للنتيجة التي حصل عليها مستخدماً طريقة أرخميدس في الحسابات التكاملية العليا والدنيا[(٣٩)].

أما الخازني، فإنه يعطي في البداية الصياغة الأرخميدسية الكلاسيكية، ثم موجزات عن كتاب **في قرسطون** وعن مؤلف ثابت بن قرة **باب مفرد في صفات الوزن واختلافه**

---

(٣٧) القضيب هو مجموع ذراعي الرافعة.

(٣٨) انظر: Thābit Ibn Qurra, *Maqāla fi misāḥāt al-mujassamāt al-mukāfiya (Livre sur la mesure des paraboloïdes)*; traduction russe par Boris A. Rozenfeld, dans: *Nauchnoye masledstvo*, vol. 8: *Matematicheskiye traktati*, pp. 157-196.

وبالنسبة للترجمة الألمانية، انظر: Suter, «Die Abhandlungen Thābit ben Qurras und Abū Sahl al-Kūhīs über die Ausmessung der Paraboloïde,» pp. 186-227.

انظر أيضاً الفصل الثالث عشر ضمن هذا الجزء من الموسوعة وهو بعنوان: «التحديدات اللامتناهية في الصغر وتربيع الهلاليات ومسائل تساوي المحيطات».

(٣٩) انظر: Rozhanskaya, *Mechanica na Srednevokom Vostoke*, pp. 91-93.

الذي لا نعرفه إلا من خلال هذا العرض[٤٠].

ثم يعرض الخازني بعد ذلك النظرية وفقاً للإسفزاري. فقد كان هذا الأخير أول من وضع، في تاريخ علم السكون، تحديداً واضحاً لرافعة وازنة، ويستأهل هذا التحديد أن نضعه بنصه الكامل[٤١]: «إن النتائج المنطقية التي توالت استناداً إلى علم الهندسة ترتكز على فرضية أن القضيب هو خط وهمي ما. ونعلم أن الخط الوهمي ليس له أي ثقل. فمن المستحيل موازنة أثقال عليه. ولا نستطيع أن نعلق على هذا الخط شيئاً نريد وزنه [لعدم كونه خطاً حقيقياً]. لكن قضيب الميزان [. . .] هو جسم ذو وزن ويمكن أن يكون وزنه سبباً في اختلال التوازن إذا لم يكن محور التعليق واقعاً في منتصف القضيب»[٤٢].

وكما فعل ثابت بن قرة، فقد جمع الإسفزاري صيغتي مبدأ الرافعة، أي الصيغة الأرخميدسية والأخرى العائدة لمؤلف **المسائل الميكانيكية**. وفي الأولى يقترب استدلاله من طريقة كتاب إقليدس **حول الميزان** وينضم في الواقع إلى برهان ثابت بن قرة. أما فيما يتعلق بالصيغة الثانية، فقد استوحى الإسفزاري كتاب **المسائل الميكانيكية**، ووضع مسلمة تقول: «إن حركات الميزان (ذي الرافعة) يمكن اعتبارها حركات دائرية، ذلك لأن جزءي قضيب الميزان في جانبي محور التعليق يشابهان خطين مستقيمين منطلقين من مركز الدائرة، وإن محور التعليق عينه هو مركز تلك الدائرة»[٤٣].

وقد ربط الإسفزاري حركة طرفي رافعة عند اختلال التوازن بالمفاهيم الأرسطية عن الحركة «الطبيعية» والحركة «العنيفة». فعندما يهبط الميزان، يقوم وزنه بحركة «طبيعية»، في حين أن وزناً صاعداً يكون في حركة «عنيفة». ووفقاً للإسفزاري، فإن سبب الحركة «العنيفة» لأحد وزني الميزان ليس «قوة» أو أي تأثير خارجي، بل هو الحركة «الطبيعية» للطرف الآخر. والحركة «الطبيعية» هذه تنتج بدورها عن ميل طبيعي للذراع الثقيل نحو «مركز الكون».

وهكذا يحول الإسفزاري شروط توازن العتلة إلى شروط تساوي الميول فيذكر[٤٤] «أن قضيب الميزان سوف يحافظ على توازنه [. . .] إذا لم تزد أو تنقص انحناءات الموزونات الموجودة عند طرفيه»[٤٥].

---

(٤٠) انظر: Khanikoff, «Analysis and Extracts of *Kitāb mīzān al-ḥikma (Book on the Balance of Wisdom):* An Arabic Work on the Water-Balance, Written by al-Khāzinī in the Twelfth Century,» pp. 33-38.

(٤١) بتصرف. (المترجم).

(٤٢) المصدر نفسه، ص ٤٤ ـ ٤٥.

(٤٣) المصدر نفسه، ص ١٠٠.

(٤٤) بتصرف. (المترجم).

(٤٥) المصدر نفسه، ص ٤٢.

أما الجزء الثاني من برهان الإسفزاري فتتبع أصوله من مؤلف إقليدس المزعوم (وصولاً إلى إدراج مفهوم القوة والوزن)، وإلى **كتاب في قرسطون** (وصولاً إلى ذلك المدى حيث يستبدل الثقل بعدد كبير من الأثقال الأصغر منه، مثبتة في نقطة واحدة، وحيث يتم استخدام برهان التناقض).

لقد عرض الخازني براهين ثابت بن قرة والإسفزاري بطريقة شاملة، إلى درجة سمحت له بعدم التوقف عند مبدأ الرافعة، وبالانتقال مباشرة إلى تطبيقاته العملية. فقد عرض الميزان كنظام أجسام وازنة (القضيب واللسان والكفات المحملة بأوزان والتي يمكن أن يصل عددها إلى خمسة. والمقصود هنا هو «ميزان الحكمة»، أي ميزان رافعة بذراعين متساويين، ومزود بخمس كفات وبثقل موازن متنقل فوق ميناء الميزان). ثم درس شروط توازنها وثباتها مرتكزاً على نظرية مركز الثقل الذي عرضه سابقاً.

وقد أجرى الدراسة على عدة مراحل. ففي المرحلة الأولى، درس «قضيباً» أسطوانياً وازناً معلقاً بحرية على محور وفي حالة توازن بشكل متواز مع المحور الأفقي. وميز الخازني ثلاثة أوضاع ممكنة «للقضيب» عند اختلال توازنه، وذلك تبعاً لمرور محور الدوران فوق أو تحت أو في مركز ثقل القضيب. وقد سمى هذه الأوضاع الثلاثة، على التوالي، «محور الانقلاب» و«محور الالتزام» و«محور الاعتدال». وإذا استعملنا الاصطلاحات الحديثة، فإن هذه الأوضاع الثلاثة تمثل على التوالي حالات توازن متقلقل، وثابت، وكيفي. ويعطي الخازني لهذه الأوضاع السمات التالية[٤٦]:

الحالة الأولى: «محور الاعتدال»

«إذا مر المحور بمركز ثقل قضيب الميزان (وكان هذا المركز يقع في منتصف القضيب) عمودياً على القضيب، يدور هذا الأخير بحرية بتأثير ثقله الخاص ويبقى في سكون في الوضعية التي يقف عندها في نهاية دورانه الذي يحدثه ثقله الخاص. ويبلغ القضيب الوضعية الأفقية تحت تأثير الثقل لأن سهمه الذي هو في حالة السكون والذي يمر في مركز الكون وفي مركز ثقل القضيب يقسم القضيب إلى قسمين متساويين».

الحالة الثانية: «محور الدوران»

«لنأخذ الآن محوراً يقع بين مركز الكون ومركز ثقل القضيب. فإذا حركنا القضيب فسينعكس لأن السهم المار في مركز الكون يقسمه إلى قسمين غير متساويين، وزن الأكبر منهما أعظم من وزن الأصغر، فينقلب القضيب».

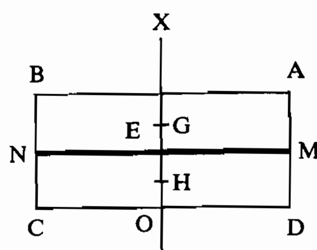
---

(٤٦) بتصرف. (المترجم).

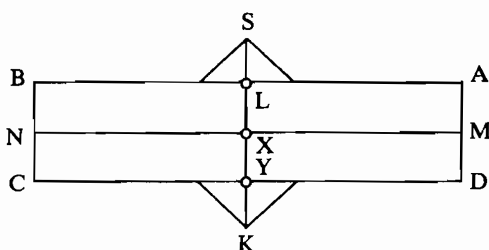
الحالة الثالثة: «محور الالتزام»[٤٧]

«لنفرض الآن أن محور دوران قضيب الميزان يقع فوق مركز ثقل القضيب. في هذه الحالة إذا أثرنا حركة للقضيب، فإن السهم المار في مركز الكون وفي مركز الثقل يقسم عندئذٍ القضيب إلى قسمين غير متساويين. والجزء الأكبر ينقلب نحو الأعلى، ومن ثم يتجاوز القسم الأصغر دائراً نحو الأسفل لكي يستقر في النهاية بموازاة الأفق لأن السهم سيقسم عندها القضيب إلى قسمين متساويين. وعند ذلك يصبح القضيب محكوماً بالبقاء موازياً للأفق»[٤٨].

أما في المرحلة الثانية من تحليله، فقد درس الخازني مجموعة مؤلفة من قضيب الميزان ومن اللسان مهملاً، بشكل مؤقت، تأثيرات الكفات والأوزان. إن شروط توازن مثل هذه المجموعة يمكن إرجاعها إلى شروط توازن رافعة ميزان حر، لكن مع مركز ثقل آخر. وهذه الاعتبارات، بالإضافة إلى ذلك، صحيحة شريطة أن تكون المجموعة متناظرة بالنسبة إلى محور التعليق، أي شرط أن يكون اللسان ذا شكل معيَّني ومثبتاً في مركز تناظر القضيب. وقد أوضح الخازني مراحل تحليله بواسطة أشكال هندسية (انظر الشكل رقم (١٨ ـ ٢) والشكل رقم (١٨ ـ ٣)). وإذا لم تكن هذه الشروط مستوفاة، أي إذا كان اللسان يملك شكلاً آخر وغير مثبت لا في مركز التناظر ولا على محور التناظر، فإن مركزي ثقل القضيب واللسان عند ذاك لا يتطابقان مع مركز التناظر ولا مع محور التناظر ولا مع النقطة التي يمر بها محور دوران القضيب. وتصبح الشروط في هذه الحالة أكثر تعقيداً، ويزداد التعقيد عندما تعلق كفات على القضيب.



الشكل رقم (١٨ ـ ٢)



الشكل رقم (١٨ ـ ٣)

ولم يعطِ الخازني برهاناً لهذه الصيغة، مكتفياً بالإشارة إلى أنه «شاسع جداً». إلا أن طريقته تسمح لنا بالافتراض بأن هذا البرهان الشاسع قد ارتكز على بعض مسلمات كتاب

---

(٤٧) بتصرف. (المترجم).

(٤٨) المصدر نفسه، ص ٩٧ ـ ٩٨.

الأجسام العائمة لأرخميدس، ولا سيما في ثبات توازن الأجسام ذات الأشكال المتنوعة والمغمورة في سائل. فإذا كان الأمر على هذا النحو، يكون الخازني بلا شك مطلعاً ليس فقط على الترجمة العربية لهذا المؤلَّف الذي ورد بنصه الكامل في **كتاب ميزان الحكمة** (لكنه لا يحتوي على أية مسلمة في ثبات وعدم ثبات الأجسام المغطسة في سائل)، بل يكون أيضاً مطلعاً على النص اليوناني الأصلي والذي لم يعرفه العلم الأوروبي إلا في بداية القرن العشرين.

٤ ـ الهيدروستاتيكا

انبثقت أيضاً الهيدروستاتيكا، في المشرق في القرون الوسطى، من التقليد الأرخميدسي. فقد كان رجال العلم في ذلك العصر يعرفون جيداً مؤلف أرخميدس **الأجسام العائمة** وكذلك الشروحات المتعلقة به، أمثال **مقالة لأرخميدس في الثقل والخفة** المذكورة سابقاً، ومؤلف منلاوس، ورسالة الكندي الكبرى حول الأجسام الغاطسة في الماء حيث تشكل هذه الأخيرة الشرح الأوفى لأعمال أرخميدس[٤٩].

وهذه المعلومات قدمها بشكل مقتضب جداً الخازني، الذي جمع الهيدروستاتيكا الأرخميدسية مع نظرية أرخميدس عن حركة الأجسام في وسط غير الهواء. والمبدأ الذي قاد الخازني في اختياره لمصادر الفصل الذي يبحث هذا الموضوع في **كتاب ميزان الحكمة** واضح. فقد عرض في مؤلفه صيغه الخاصة فيما يتعلق بأعمال أرخميدس ومنلاوس لكي يعطي المبادئ الأساسية للهيدروستاتيكا. كما أدرج كتاب إقليدس **الثقيل والخفيف** في مؤلفه، لكي يعرّف القارئ على نظرية حركة الأجسام في وسط غير الهواء. فهو يذكر أنه[٥٠] «إذا تنقّل جسم وازن في سائل ما فإن ثقل هذا الجسم ينقص كمية تتعلق بحجمه، بحيث يقل وزنه في السائل بما يعادل وزن حجم السائل المزاح»[٥١].

فبمقدار حجم الجسم المتحرك يكون رد الفعل ضد حركته (أي قيمة القوة الرافعة). ومن ناحية أخرى، فإن فرق السرعة في سائلٍ ما لحركة جسمين ثقيلين لهما نفس الحجم ونفس الثقل النوعي، يتحدد باختلاف شكليهما. لذلك تختلف قوة حركة الأجسام المختلفة في الهواء أو في الماء. ويعود سبب هذا الاختلاف إلى أشكالها المتنوعة[٥٢].

وهكذا، يميز الخازني نوعين من القوى الفاعلة على الأجسام المتحركة في وسط غير الهواء. فالقوة الأولى التي تقاوم الحركة، وفقاً لنظرية أرسطو، تتحدد بوزن وشكل الجسم.

---

(٤٩) المصدر نفسه، ص ١٦٠.
(٥٠) بتصرف. (المترجم).
(٥١) المصدر نفسه، ص ٢٤.
(٥٢) المصدر نفسه، ص ٢٤.

أما القوة الثانية، التي حددها أرخميدس هذه المرة، فهي تتعلق بحجم الجسم نفسه وبحجم السائل الذي يزيحه الجسم، وترتبط بالإضافة إلى ذلك بكثافة الوسط.

إذا كان جسمان يملكان نفس الحجم، لكن كثافتهما مختلفة، فإن الجسم ذا الكثافة الأكبر يملك في هذه الحالة ثقلاً أكبر وذلك في وسط معين. كما أن أجساماً مصنوعة من نفس المادة وتملك نفس الثقل في وسط معين، يمكن أن تكون أوزانها مختلفة في وسط آخر.

تعود هذه التأكيدات، من دون أدنى شك، إلى نظرية أرخميدس. فالخازني يطبق الافتراض السابع من الكتاب الأول من مؤلف **الأجسام العائمة** على أجسام مغطسة في أوساط مختلفة الكثافة، فهو يهتم بأوساط غير الماء.

وهكذا، بدمجه هيدروستاتيكا أرخميدس ونظرية أرسطو عن حركة الأجسام، يطور الخازني نظرية موحدة عن الحالة العامة لحركة جسم في سائل، وهذه النظرية تأخذ بعين الاعتبار وفي الوقت نفسه مقاومة الجسم والوسط والقوة الرافعة. كما أن آراءه حول تغيرات الوزن التي تنجم عن انتقال جسم من وسط إلى آخر (مثلاً، من السائل إلى الهواء وبالعكس) هي ذات أهمية خاصة. فقد استخدمها كتأكيد نظري لطريقته في تحديد الثقل النوعي، والتي تتمثل في وزن الجسم في الهواء والماء تباعاً.

وقد وسّع الخازني هيدروستاتيكا أرخميدس ـ أي نظرية الأجسام الممتلئة العائمة في سائل ـ لتشمل أجساماً فارغة عائمة. وبعبارة أخرى، فقد طور مبدأ السفينة، إذ أعطى نموذجاً لسفينة بواسطة جسم يتضمن تجويفاً مفتوحاً، وليحصل على سفينة محملة، فقد تصور حملاً موضوعاً في تجويف هذا الجسم.

وقد اتبع الخازني ثلاث مراحل في استدلاله. فأخذ أولاً جسماً ممتلئاً مغطساً في سائل، ثم جسماً مجوفاً بدون أي حمل، وأخيراً جسماً مجوفاً ومحملاً. وبعد أن استخدم عدداً من التحديدات، اختزل نموذج جسم مجوف محمل إلى نموذج جسم مجوف بدون حمل، ثم اختزل هذا الأخير إلى نموذج جسم ممتلئ بدون حمل، مما يعني اختصار نظرية العوم لسفينة محملة إلى نظرية أرخميدس عن الأجسام العائمة في سائل[٥٣].

رابعاً: علم السكون التطبيقي

كان علم السكون التطبيقي (العملي) في الشرق في القرون الوسطى، بالمعنى الحالي، موضوع مواد علمية عديدة. وقد كانت هذه المواد، وفق تصنيف علوم ذلك العصر،

---

(٥٣) المصدر نفسه، ص ٢٧ ـ ٢٨.

مرتبطة بـ «علوم» مختلفة وبـ «فروع» لهذه العلوم، وبالتالي لم يكن بالإمكان دائماً تحديد الصلات التي كانت تربط المواد بهذه العلوم. فقد كان علم السكون الهندسي يعتبر جزءاً من الهندسة، في حين كان «علم الأوزان» يوضع على حدة، وفي أيامنا هذه ننسب هذا الأخير إلى علم السكون النظري. وقد كان علم السكون التطبيقي (في حقيقة الأمر) يتضمن ما كان يسمى «علم الحيل»، أي نظرية الآلات البسيطة وتركيباتها المختلفة. ويتبين لنا أحياناً أن مؤلفي ذلك العصر، كمؤلفي العصور القديمة، قد قسموا علم الميكانيك إلى علم الآلات الحربية وعلم الآليات البارعة (الحيل) وأهمها كانت الأجهزة المستخدمة لرفع الأثقال وللري.

وفي الوقت الحاضر، يُعتبر علم السكون التطبيقي قبل كل شيء مجموعة مسائل مرتبطة بـ «علم الحيل»، أي بعلم الميكانيك بمعناه الضيق الأصلي. أما نظرية الميزان (بصفته شكلاً من أشكال الرافعة) ونظرية الوزنة، فهما مقسمتان إلى نظرية للآلات البسيطة، ونظرية لتركيباتها. كما أن نظرية الوزنة تقترب كثيراً من مسألة تحديد الثقل النوعي. وقد وُضعت هذه المسألة سريعاً على حدة، لتشكل فرعاً خاصاً وأساسياً في علم السكون التطبيقي، وقد أصبح هذا الفرع محور اهتمام عدد كبير من العلماء العرب المشهورين.

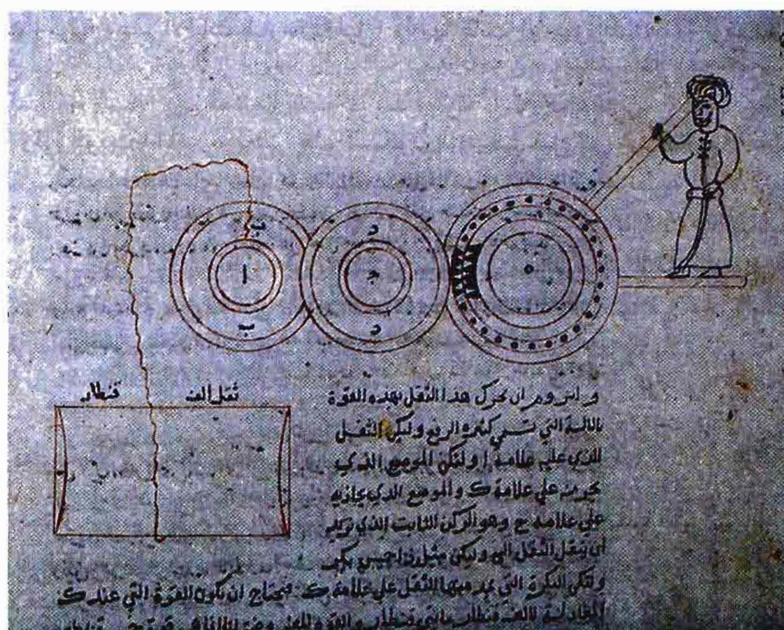
١ ـ نظرية الآلات البسيطة والآليات البارعة (علم الحيل)

نختار من بين المؤلفات العديدة المخصصة للآليات البارعة، تلك التي يبحث فيها المؤلفون طرقاً مرتكزة على تطبيق «القاعدة الذهبية لعلم الميكانيك». ومن بين هذه الآليات، كان الاهتمام منصباً بشكل خاص على تلك التي كانت مخصصة لرفع الأثقال. إذ نجد، من حيث المبدأ، وصفاً للعديد من أشكال الآلات البسيطة ولتعديلاتها في أية موسوعة كانت في ذلك العصر.

إن موسوعة أبي عبد الله الخوارزمي **مفاتيح العلوم** هي من أقدم المصادر العربية التي تبحث في «الآلات البسيطة»، وقد تعرفت عليها أوروبا في القرون الوسطى من خلال ترجمة لاتينية[٥٤]. وتتضمن هذه الموسوعة وصفاً لآليات باستطاعتها تحريك أحمال ثقيلة بواسطة قوة صغيرة. ونذكر أن أغلبية هذه الآليات قد أشار إليها هيرون الإسكندري في مؤلفه عن الميكانيك.

---

(٥٤) انظر: Al-Kuwārizmī, *Liber mafātīh al-olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jūsof al-Kātib al-Khowarezmi.*



الصورة رقم (١٨ ـ ٣)
هيرون الاسكندري، **الميكانيك**، ترجمة قسطا بن لوقا
(اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٦٦).

انتهى قسطا بن لوقا من ترجمة هذا الكتاب حوالى سنة ٢٥٠/ ٨٦٤، ولقد فُقد الأصل اليوناني لهذا الكتاب ولم يبق إلا ترجمته العربية. ولقد أثّر هذا الكتاب تأثيراً كبيراً في تاريخ هذا العلم. فقد كان مرجعاً للمهندسين وجدوا فيه أسس آلات رفع الأشياء الثقيلة. وينقسم إلى ثلاث مقالات: الأولى نظرية صرفة يعالج فيها مسألة «مركز الثقل» لجسم ما أو مسألة عمل أشكال هندسية متشابهة، أما المقالة الثانية، فيعالج فيها مسألة الآلات اللازمة لرفع الأثقال، أما الثالثة فيصف أجهزة كاملة يربط فيها العناصر السابقة. ونرى في هذه الصورة التحريك بنظام مكون من ثلاث عجلات مسننة، وحركت الأولى باستعمال رافعة.

غير أن أعمال ابن سينا هي ذات أهمية أكبر، من وجهة النظر هذه، ولا سيما الفصول المخصصة لعلم الميكانيك في مؤلفاته الموسوعية، وكذلك في مقالته **معيار العقل**، وقد ارتكزت هذه المؤلفات والمقالة على كتاب **المسائل الميكانيكية** وعلى كتاب هيرون في **الميكانيك**.

إن هذه المقالة، المؤلفة من قسمين، تختص كلياً بوصف خمس آلات بسيطة. في القسم **الأول** يحذو ابن سينا حذو هيرون إلى درجة كبيرة، حتى إنه يأخذ من كتاب **الميكانيك** وصف وأشكال بعض «الآلات البسيطة». لذلك يعود الفضل، إلى حد بعيد، في تنظيم هذا القسم إلى كتاب هيرون. فقد أخذ عنه ابن سينا أسماء وتحديدات «الآلات البسيطة»، والمواد الضرورية لصناعتها، والشروط التي تؤمن ثباتها وضمان عملها.

ويتضمن القسم **الثاني** من المقالة وصفاً لتركيبات «الآلات البسيطة». ويصنف ابن سينا، على غرار هيرون، هذه التركيبات ويجمعها وفق مقدار توافق العناصر المؤلفة للآلات البسيطة في التركيبة المحتملة. لكن ابن سينا، وبخلاف هيرون الذي لا يأخذ بعين الاعتبار سوى بعض هذه التركيبات، يحلل تباعاً جميع التركيبات المحتملة. فهو يصف، في البداية، مثلما فعل هيرون، جميع تركيبات الآلات البسيطة المتوافقة كالرافعات والبكرات وملفافات الرفع والحزقات[٥٥]. ثم يأخذ جميع تركيبات الآلات البسيطة غير المتوافقة وذلك بأزواج ممكنة عملياً، أي ملفاف ـ حزقة وملفاف ـ بكرة وملفاف ـ رافعة. ويصف أخيراً آلية هي بشكل أساسي تركيب من جميع الآلات البسيطة (باستثناء السَّك)[٥٦].

وعلى الرغم من أن مقالة ابن سينا هي موجز عملي صرف، إلا أنها ذات مغزى كبير في تاريخ علم الميكانيك. فقد كانت، في الواقع، أول محاولة ناجحة في تصنيف الآلات البسيطة وتركيباتها. والجدير ملاحظته أن الاهتمام بمثل هذا التصنيف لم يكن بأي حال من الأحوال مجرد مصادفة، سواء بالنسبة إلى ابن سينا أم بالنسبة إلى عصره.

ثم كانت مرحلة جديدة، امتدت تاريخياً من القرن الحادي عشر إلى القرن الثاني عشر الميلاديين، وقد تميزت بمنحى مختلف جذرياً. فقد اعتمد كتّاب تلك المرحلة أسلوباً جديداً، إذ أخذوا بشكل عام نوعاً من آلة بسيطة معينة، ووضعوا لها نظرية بأكبر دقة ممكنة، ثم أعطوا وصفاً وتصنيفاً لأجهزة مختلفة تشكل تعديلات لنوع الآلة موضوع البحث، أو أنهم أخذوا جزءاً خاصاً لـ «فرع» من العلوم، ووصفوا في إطاره آلات مختلفة وآليات وأدوات تنتمي إلى هذا الفرع أو تقترن به. إن كتاب **ميزان الحكمة** للخازني يشكل مثالاً نموذجياً لمثل

---

(٥٥) الصواميل. (المترجم).

(٥٦) يستخدم لتثبيت أجزاءٍ في آلية واحدة.

هذا الصنف من المؤلفات في علم الميكانيك. فهو يعرض بشكل شامل المسائل الرئيسة النظرية ومسائل التطبيق العملي للآلة الأكثر شيوعاً من بين «الآلات البسيطة»، أي الرافعة وشكلها الأكثر شيوعاً، وهو الميزان.

وهكذا مر «علم الآلات البسيطة» في العصور القديمة وفي الشرق في القرون الوسطى بعدد من المراحل المميزة له خلال تطوره. وذلك انطلاقاً من وصف أولي لمبدأ عمل «الآلات البسيطة» وتركيباتها، مروراً بمحاولات تصنيفها، وأخيراً وصولاً إلى وصف أُحادي الموضوع لأنواع معينة من الآلات، والوصف هذا يضع إطاراً نظرياً لطراز إحدى الآلات، كما يقدم نموذجاً للآلة ولجميع أشكالها وتعديلاتها. هذه هي السمات المميزة لتلك المرحلة من تطور علم السكون، والتي انطلاقاً منها تشكل علم الميكانيك الصناعي فيما بعد(٥٧).

٢ ـ الميزان ـ الوزنة

إن المعلومات الأكثر شمولاً في الميزان والوزنة موجودة، وكما ذكرنا سابقاً، في كتاب **ميزان الحكمة** للخازني. فالمؤلف نفسه يعرّف كتابه(٥٨) «ككل ما أمكن تجميعه حول الموازين وطرق الوزن»(٥٩).

يقسم الخازني جميع أنواع الموازين إلى مجموعتين: الموازين المتساوية الذراعين، والموازين غير المتساوية الذراعين. إن النموذج الأكثر بساطة لميزان من المجموعة الأولى يملك قضيباً وكفات. نضع وزناً في كفة ونزنه بواسطة أثقال موازنة نضعها في إحدى الكفات أو في اثنتين منها. ويقترح الخازني لهذا الطراز من الموازين سلسلة أثقال موازنة تسمح بتحديد وزن أقصى بواسطة أقل عدد ممكن من الأثقال. والجانب المهم هو أن كتل الأثقال قد تم اختيارها من بين أسس، قيمتها اثنان أو ثلاثة، أي أنها مساوية لـ ١، ٢، ٢^{٢}، ٢^{٣}؛ ٣، ٣^{٢}، . . .، وحدات وزن. فالخازني يعطي في هذه السلسلة حلاً لـ «مسألة الوزنة»، حيث عرفت أوروبا في القرون الوسطى فيما بعد أنه ينبغي البحث عن مصادر هذا الحل في

(٥٧) انظر: M. M. Rozhanskaya and I. S. Levinova, *At the Sources of Machine's Mechanics: Essays on the History of Mechanics (U Istokov Mechaniki Machin Issledovanija po Istorii Mechaniki)* (Moscow: Nauka, 1983), pp. 101-114.

(٥٨) بتصرف. (المترجم).

(٥٩) Khanikoff, «Analysis and Extracts of *Kitāb mīzān al-ḥikma (Book on the Balance of Wisdom):* An Arabic Work on the Water-Balance, Written by al-Khāzinī in the Twelfth Century,» p. 7.

الرياضيات العربية[٦٠].

أما الموازين غير المتساوية الذراعين فقد قسمها الخازني إلى طرازين هما «القرسطون» وهو ميزان مزود بكفتين أو بكلاليب لتعليق الأوزان، و«القبان» وهو ميزان مزود بكفة وبثقل موازن متحرك على طول الذراع المقابل للكفة. إن النظرية العائدة لهذين الطرازين من الموازين معروضة في الشروحات التي كتبت حول أعمال ثابت بن قرة والإسفزاري والتي أدرجت في كتاب **ميزان الحكمة** للخازني[٦١].

أما عندما يتعلق الأمر باستعمالات الموازين، فإن الخازني يقسم هذين الطرازين إلى عدد من الأنواع. فهو يحدد أولاً أنواع «القبان»: «قسطاس مستقيم» يستخدم للوزنات عالية الدقة، وميزان ـ ساعة فلكي[٦٢]. ثم يصف أنواع «القرسطون» المختلفة، وهي ميزان الصراف الذي يملك «قضيباً» مقسماً إلى مقطعين بنسبة $\frac{١٠}{٧}$ (أي بنسبة الدينار إلى الدرهم)، ثم الميزان الجيوديزي ذو الذراعين المتساويين، وأخيراً مجموعة كبيرة من الموازين المائية (الموازين الهيدروستاتية) المخصصة لوزن عينات معادن ومواد معدنية في الهواء أو في الماء، وذلك بهدف تحديد ثقلها النوعي وتركيب السبائك. ويعير الخازني اهتماماً خاصاً لهذا النوع الأخير من الموازين. فقد خصص جزءاً أساسياً من مؤلفه لطرق وزن المعادن والمواد المعدنية في الماء بهدف تحديد ثقلها النوعي.

ويقسم الخازني الموازين الهيدروستاتية إلى ثلاثة أنواع. النوع الأول هو ميزان اعتيادي بسيط ذو ذراعين متساويين وكفتين. والثاني يملك ثلاث كفات، اثنتان منها معلقتان واحدة تحت الأخرى لكي يتسنى الوزن في الماء. والنوع الثالث يملك خمس كفات، ثلاث منها مربوطة بشكل ثابت إلى طرفي «قضيب» الميزان وفق الطريقة نفسها في الميزان السابق، واثنتان متحركتان على طول «القضيب» لتأمين توازنه. ويقدم الخازني عرضاً مفصلاً لتاريخ تطور الميزان الهيدرولي ولطرق الوزنة على امتداد خمسة عشر قرناً تقريباً، وذلك انطلاقاً من الميزان المائي في العصور القديمة وصولاً إلى نماذجه الخاصة في الموازين، ويقوّم مساهمات جميع رجال العلم، الذين يذكرهم، في نظرية الميزان وفي تطبيق الوزنة.

إن التحسين الذي طرأ على الميزان الهيدروستاتي عائد إلى ظهور كفة ثالثة معدة خصيصاً لوزن العينات في الماء. ووفقاً للخازني، فقد استخدم أسلافه في البلدان الإسلامية

---

(٦٠) انظر: Rozhanskaya, *Mechanica na Srednevokom Vostoke*, pp. 124-128.

(٦١) Khanikoff, Ibid., pp. 33-51.

(٦٢) المصدر نفسه.

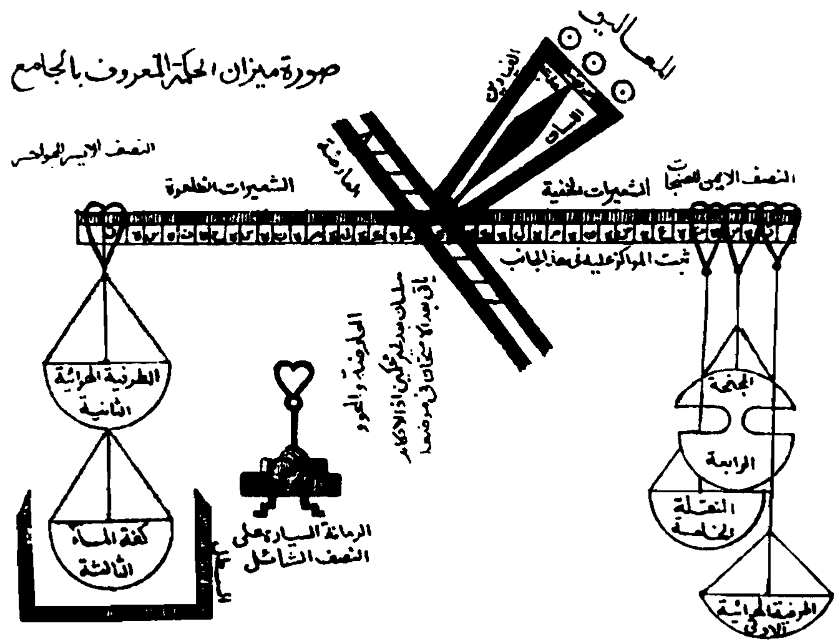
موازين مائية ذات ثلاثة أذرع.

وقد زاد الإسفزاري عدد الكفات إلى خمس، وصنع ميزاناً شامل الاستعمال، أسماه «ميزان الحكمة». وهو في الأساس ميزان ذو ذراعين متساويين ومزود بميناءين وخمس كفات نصف كروية ووزن متحرك ولسان مثبت في وسط «قضيب» الميزان. واللسان يرتكز على قاعدة، ولا يكون ارتكازه بواسطة محور بل من خلال نظام بارع من التعليق الحر، مؤلف من عارضة ومن قطعة بشكل منصّة حاملة، وهذا النظام هو من دون أدنى شك من تصميم الإسفزاري نفسه. إن ميزة نظام التعليق هذا هي في التقليل من تأثير الاحتكاك على دقة «ميزان الحكمة»، كما أن الدقة العالية قد تأمنت أيضاً بانتقاء ملائم لقياسات «القضيب» واللسان ولزاوية انحناء «القضيب» ولدقة اللسان... الخ. وقد وصف الخازني الميزان وأجزاءه وعرض طريقة تجميعه والمسائل المطروحة بالنسبة إلى توازنه ودقته على امتداد فصل كامل من **كتاب ميزان الحكمة**. ونذكر أن اثنتين من الكفات الثابتة كانتا مخصصتين للوزن في الهواء، والكفة الثالثة للوزن في الماء. في حين تلعب الكفتان المتحركتان، وكذلك الوزن المتحرك، دور نقالات للوصول بالميزان إلى حالة توازن، قبل التعيير والوزن (انظر الشكل رقم (١٨ ـ ٤) والشكل رقم (١٨ ـ ٥)).

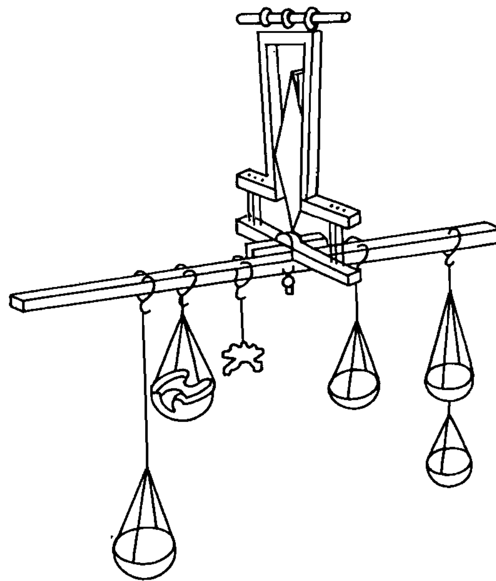
وقد حسّن الخازني فيما بعد «ميزان الحكمة»، إذ طور قاعدته النظرية وطرق التعيير والشروط التجريبية للوزن.

كما وصف الخازني بالتفصيل الطريقة المستخدمة لتحديد «الوزن في الماء» لعينة ما، حيث إن جزءاً أساسياً منها يتمثّل في حساب القوة الرافعة.

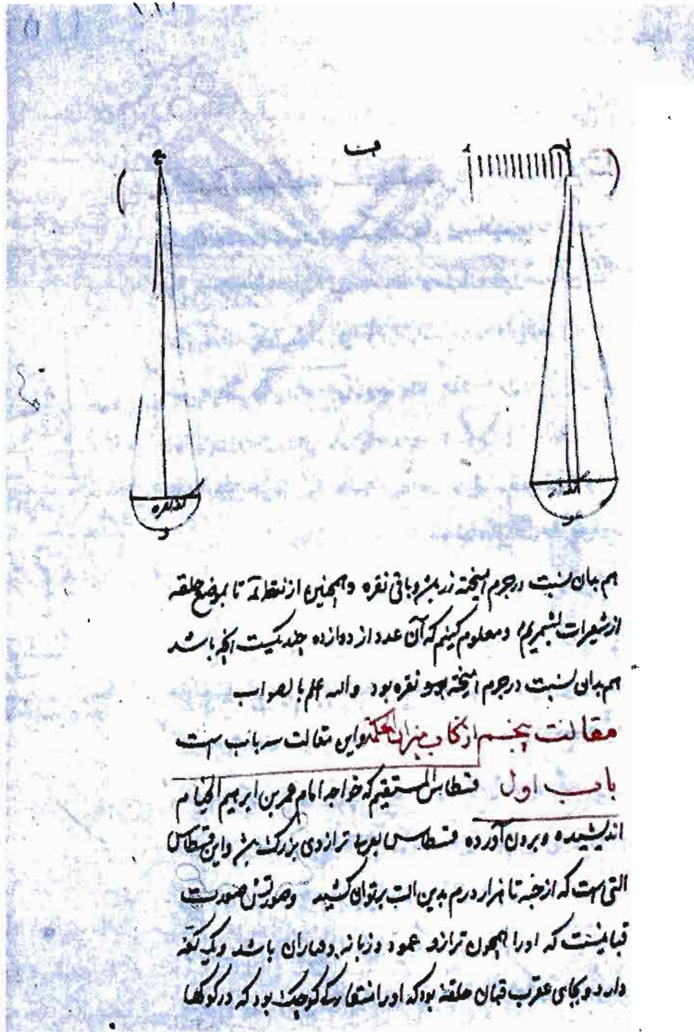
وكان الخازني يجري تعيير «ميزان الحكمة» وفق الطريقة التالية: كان يوازن الميزان مع الكفة الثالثة الثابتة المغمورة في الماء. ثم يضع عند ذلك عيّنة ذات وزن معلوم في الكفة الثابتة من الجهة اليسرى، ويعيد التوازن بوضع أثقال موازنة في الكفة الثابتة من الجهة اليمنى. ثم ينقل العينة إلى كفة الماء، والأثقال الموازنة إلى الكفة المتحركة من الجهة اليمنى. عند ذلك يحقق توازن الميزان بتحريك الكفات غير الثابتة على طول «قضيب» الميزان من كل جهة من المحور، بحيث تستطيع الكفات أن تبقى دائماً على مسافات متساوية من المحور. والنقطة، التي توجد فيها الكفة المتحركة الحاملة للأثقال الموازنة في نهاية العملية، تشكل ما يسمى «مركز» التعليق (لمعدن أو لمادة معدنية)، أي النقطة الموافقة للثقل النوعي للمادة موضوع الوزن.



الشكل رقم (١٨ ـ ٤)

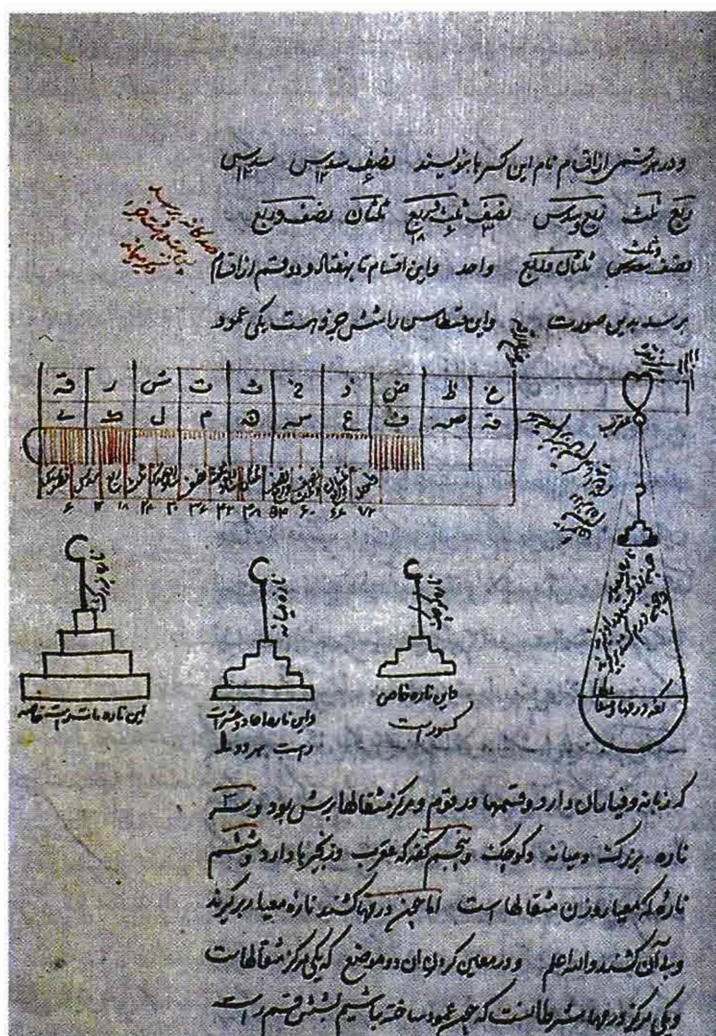


الشكل رقم (١٨ ـ ٥)


هم بدان نسبت در جرم آمیخته زر بنه و باقی نقره و همچنین از نقطهٔ تا بموضع حلقه
از شعیرات بشمریم و معلوم کنیم که آن عدد از دوازده چند یک است اگر باشد
هم بدان نسبت در جرم آمیخته همه نقره بود والله اعلم بالصواب
مقالت پنجم از کتاب میزان الحکمه و این مقالت سه باب است
باب اول قسطاس المستقیم که خواجه امام عمر بن ابرهیم الخیام
اندیشیده و بیرون آورده قسطاس بعربی ترازوی بزرگ بود و این قسطاس
آلتی است که از حبه تا هزار درم بدین آلت بتوان کشید و صورتش صورت
قپانیست که اورا همچون ترازو عمود و زبانه و دهاران باشد و یک کفه
دارد و بجای عقرب قپان حلقه بود که اورا انتقال رسد که رجحت بود که در کوها

الصورة رقم (١٨ ـ ٤)

الخازني، كتاب ميزان الحكمة (طهران، مخطوطة مجلس شورى، ١٩).
هذا الكتاب يمثل أهمية بالغة. ألفه الخازني سنة ٥١٥ هـ/ ١٢١١م. وهو يراجع فيه كل التراث السابق حول الميزان: من اليونان (أرخميدس، إقليدس، منلاوس) حتى العرب (ثابت بن قرة، البيروني)، ويعمل فيه ميزاناً يفوق كل ما سبقه بدقته.
ويصف الخازني في كتابه هذا بعناية كيفية استعمال هذا الميزان، ولا سيما فيما يتعلق بتحديد الأثقال النوعية.
نرى في هذه الصورة دراسات مختلفة لنقل أماكن ارتباط الكفتين على القضيب، وكذلك أثقالاً ذات قيم مختلفة.



الصورة رقم (١٨ ـ ٥)

الخازني، كتاب ميزان الحكمة (طهران، مخطوطة مجلس شورى، ١٩).

هذا الكتاب يمثل أهمية بالغة. ألفه الخازني سنة ٥١٥ هـ/ ١٢١١م. وهو يراجع فيه كل التراث السابق حول الميزان: من اليونان (أرخميدس، إقليدس، منلاوس) حتى العرب (ثابت بن قرة، البيروني)، ويعمل فيه ميزاناً يفوق كل ما سبقه بدقته.
ويصف الخازني في كتابه هذا بعناية كيفية استعمال هذا الميزان،
ولا سيما فيما يتعلق بتحديد الأثقال النوعية.
نرى في هذه الصورة دراسات مختلفة لنقل أماكن ارتباط الكفتين
على القضيب، وكذلك أثقالاً ذات قيم مختلفة.

وكان الخازني يضع شروطاً خاصة بالنسبة إلى نوعية العينات، وكذلك بالنسبة إلى الخصائص الفيزيو ـ كيميائية للماء. فقد كان يشير إلى أن التجارب يمكن إجراؤها فقط مع ماء من منبع معين، وكذلك بحرارة معينة ثابتة للهواء.

إن «مراكز» تعليق المعادن والمواد المعدنية على مدرج ميزان الخازني يمكن تصنيفها وفق ترتيب تنازلي للأثقال النوعية. فالترتيب بالنسبة إلى المعادن هو على الشكل التالي: الذهب، الزئبق، الرصاص، الفضة، البرونز، الحديد، القصدير، وبالنسبة إلى المواد المعدنية: الياقوت الأزرق، الياقوت الأحمر، الزمرد، اللازورد، البلور الصخري، والزجاج.

يشير الخازني بوضوح إلى أن توازن الميزان لا يحصل إلا بشكل واحد. ونتيجة لذلك، فإن الثقل النوعي لمادة ما وتركيب سبيكة ما لا يتحددان إلا بطريقة واحدة. فإذا حصل توازن الميزان في عدة نقاط، فهذا يعني أن العينة هي سبيكة مؤلفة من ثلاثة عناصر أو أكثر. وفي هذه الحالة لا يمكن حل المسألة بطريقة واضحة.

وبالإضافة إلى حساب الثقل النوعي وتركيب السبائك، يمكن استخدام «ميزان الحكمة» للتحقق من أصالة ونقاء المعادن والمواد المعدنية، كما أن له استعمالات أخرى. وكان الميزان الهيدرولي يعتبر الأكمل من بين الموازين التي كانت معروفة في القرنين الميلاديين الثاني عشر والثالث عشر.

كما تعود أهمية «ميزان الحكمة» في تاريخ الموازين والوزنة إلى الاستعمالات العديدة التي يمكن تحقيقها بواسطته. فعندما يكون مزوّداً فقط بكفّتين وبثقل موازن متحرك على الجزء الأيسر من «القضيب»، يمكن استخدامه كـ «قرسطون» أو «قبان»، وكذلك كميزان «لتبديل الدراهم إلى دنانير»، أو كـ «قسطاس مستقيم» دقيق للغاية. . . فقد كان، إذاً، بشكل جليّ، آلة محكمة الدقة تملك مجموعة من الاستعمالات واسعة الشمول.

٣ ـ الثقل النوعي

إن المعلومات المتوفرة حول المحاولات الأولى لتحديد الثقل النوعي نادرة جداً. وتعود أقدم هذه المحاولات إلى الأسطورة الشهيرة التي تروي أن أرخميدس بيّن تركيب السبيكة التي صنع منها تاج هيارون، طاغية سرقوسة. كما نعلم أن منلاوس الإسكندري قد اشتغل أيضاً بهذه المسألة.

أما فيما يتعلق بالدراسات التي أجريت لتحديد الثقل النوعي في العلم العربي، فإننا نملك، لإبداء الرأي فيها، مصدرين رئيسين هما مؤلف البيرُوني في الأثقال النوعية[٦٣]

(٦٣) Al-Bīrūnī, «Maqāla fī al-nisab allatī bayna al-filizzāt wa al-jawāhir fī al-hajm (Le Livre sur la relation existant entre les volumes des métaux et ceux des pierres précieuses)».

وكتاب **ميزان الحكمة** الذي ذكرناه غير مرة. ويبدو مفيداً أن نشير إلى أن الخازني استعاد مؤلف البيروني بكامله تقريباً وأدرجه كنتاج له(٦٤).

إننا نعرف بفضل البيروني والخازني بعض الدراسات التي أجراها رجال علم في البلدان العربية، وهم: سند بن علي (القرن التاسع للميلاد) ويوحنا بن يوسف (القرن العاشر للميلاد) اللذان ينتميان إلى مدرسة بغداد؛ وأبو الفضل البخاري (القرن العاشر للميلاد) الذي اعتبره البيروني سلفه المباشر؛ والنيريزي (القرن العاشر للميلاد)، والرازي (القرنان العاشر والحادي عشر للميلاد)، وعمر الخيام (القرنان الحادي عشر والثاني عشر للميلاد)، وغيرهم.

إلا أنه يجب التشديد على أن الثقل النوعي، بصفته نسبة وزن جسم إلى حجمه، لم يكن تقريباً معرّفاً بدقة لا في العصور القديمة ولا من قبل أسلاف الخازني في الأقطار العربية. فجميع هؤلاء الأسلاف، الذين ذكرهم الخازني والذين أشار إليهم البيروني في مقدمة مؤلفه، قد استخدموا في الواقع مفهوم الثقل النوعي بشكل ضمني من دون أن يصوغوه بوضوح. وأول تعريف دقيق لهذا المفهوم يعود إلى الخازني الذي يذكر أن «نسبة ثقل جسم صغير إلى حجمه تماثل نسبة ثقل جسم أكبر [من المادة عينها] إلى حجمه»(٦٥).

ولتحديد الثقل النوعي لعينة ما، يجب معرفة وزنها في الهواء وفي الماء، ومعرفة حجم وزن الماء المزاح عند تغطيس العينة فيه. ولهذا السبب، لعبت الموازين الهيدرولية دوراً مهماً في مثل هذه التجارب، حيث استخدمتها أغلبية الباحثين. وتوخياً لدقة أكبر، صمّم البيروني نفسه آلة بارعة لتحديد حجم السائل المزاح. فقد استعمل وعاءً مخروطياً لتحديد الأثقال النوعية، بواسطة حساب نسبة وزن الماء المزاح إلى وزن المادة المحدد في الهواء.

وبعد الحصول على هذه المعطيات، يصبح من السهل حساب الثقل النوعي لجسم ما بعملية رياضية بسيطة. وقد أجرى البيروني سلسلة من القياسات للأثقال النوعية. فقد أخذ عينات من المعادن والمواد المعدنية تملك وزناً واحداً (مقداره مئة مثقال، والمثقال يساوي ٤,٤٢٤ غراماً) أو حجماً واحداً (وهو الحجم الذي يشغله مئة مثقال من الذهب). ثم لخص النتائج التي حصل عليها في عدد من الجداول، فعرض في جدول وزن الماء المزاح بسبب عينات من المعادن والمواد المعدنية لها نفس الوزن في الهواء، كما عرض في جدول آخر أحجام عينات لها نفس الوزن في الماء. . . الخ. ويمكن إيجاد الثقل النوعي حسابياً انطلاقاً من هذه الجداول. ونشير إلى أن البيروني لم يأخذ الماء كمادة إسناد، كما نفعل حالياً، بل المعدن الأثقل، أي الذهب بالنسبة إلى المعادن، والمادة المعدنية الأثقل، أي الياقوت الأزرق بالنسبة إلى المواد المعدنية.

---

(٦٤) Khanikoff, Ibid., pp. 55-78.

(٦٥) المصدر نفسه، ص ٨٦.

إن نتائج البيروني هي قريبة إلى حد ما من المعطيات الحالية. ويمكن تفسير بعض الفروق بالنقص في نقاوة العينات وباختلاف الحرارة أثناء التجارب (لقد أهمل البيروني حرارة الماء).

إن النتائج التي عرضها البيروني يمكن إعادة حسابها بسهولة بالانتقال من مادتي الإسناد اللتين اعتمدهما، أي الذهب والياقوت الأزرق، إلى الماء. ويكفينا، للوصول إلى هذا الغرض، أن نضرب عدد البيروني في نسبة الثقل النوعي لمادة الإسناد إلى وزن المادة (والنسبة هي ٣,٩٦ للياقوت الأزرق و١٩,٠٥ للذهب)، ثم نقسم حاصل الضرب على مئة (لأن وزن العينة هو مئة مثقال).

وقد حدد البيروني أيضاً الثقل النوعي لبعض السوائل، وكذلك الفروقات بين الأثقال النوعية للماء البارد والحار والمالح والعذب. كما لفت الانتباه إلى وجود علاقة معينة بين الكثافة والثقل النوعي للماء. وقد استعمل بلا شك لهذه التجارب آلة مزودة بكفة خاصة للسوائل، من طراز مقياس كثافة الهواء، الذي وصفه الخازني. فالبيروني كان في تاريخ العلم أول من أدخل عمليات تحقيق في الممارسات التجريبية.

لقد كرس عمر الخيام لمسألة تحديد الثقل النوعي مؤلفاً خاصاً هو **ميزان الحِكَم**. وقد أُدرج هذا المؤلف بكامله في كتاب الخازني[٦٦]. استخدم الخيام العلاقات الموجودة بين وزني الهواء والماء كنقطة انطلاق. واقترح طريقتي حساب لتحديد الثقل النوعي، فالأولى يستخدم فيها نظرية النسب، أما الطريقة الثانية فهي جبرية واسمها «الجبر والمقابلة»، وهي تؤدي إلى الطرق العمومية الحديثة في حل المعادلات الخطية. ويحدد الخيام الثقل النوعي انطلاقاً من نسبة وزن مادة ما في الهواء إلى وزنها في الماء. لنفرض أن P، P_1، P_2 وQ، Q_1، Q_2 هي أوزان سبيكة وعنصريها، على التوالي في الهواء وفي الماء، ولنفرض أن d، d_1، d_2 هي الأثقال النوعية الموافقة، عندها نستطيع أن نقارن النسب P/Q وP_1/Q_1 وP_2/Q_2 زوجين زوجين، وهي معادلة لنسب الأثقال النوعية:

$$\frac{d}{d-d_{eau}} \text{ و } \frac{d_1}{d_1-d_{eau}} \text{ و } \frac{d_2}{d_2-d_{eau}} \; .$$

ويصور الخيام التناسبات التي حصل عليها، بواسطة رسم بياني هندسي، حيث تتمثل القيم العددية بمقاطع ذات أطوال مختلفة.

وهناك مساهمة أساسية في النظرية والتطبيق لتحديد الثقل النوعي قدمها الخازني الذي خصص لهذه المسألة قسماً مهماً من كتاب **ميزان الحكمة**. فبعد أن وصف بالتفصيل الطرق

(٦٦) المصدر نفسه، ص ٨٧ ـ ٩٢.

التي استخدمها سلفاه (البيروني والخيام)، عرض الخازني طريقته الخاصة المبنية على استخدام ميزان الحكمة وجداول البيروني. فقد أجرى وزنات بواسطة «ميزان الحكمة»، وحصل على أوزان العينات (على سبيل المثال عينات ذهب وفضة وسبائكهما) في الماء وفي الهواء، ثم استخدمها لتحديد الأوزان النوعية للمواد بالطرق الثلاث التالية:

أ ـ بواسطة الحساب، مستعملاً النظرية الإقليدسية للنسب، وجامعاً للتناسبات الموافقة؛

ب ـ بواسطة الهندسة؛

ج ـ بواسطة «الجبر والمقابلة»، أي بحل معادلات جبرية من الدرجة الأولى.

كما أشرنا سابقاً، إذا كانت P، P_1، P_2 وQ، Q_1، Q_2 ترمز إلى أوزان سبيكة وعنصريها في الماء والهواء؛ و F، F_1، F_2 ترمز إلى القوى الأرخميدسية للسبيكة وعنصريها، وC ترمز إلى قيمة جزء من المدرّج؛ و m، m_1، m_2 ترمز إلى عدد أجزاء المدرج بالنسبة إلى السبيكة وعنصريها، في هذه الحالة يمكن كتابة طريقة الخازني الحسابية وفق القاعدة التالية:

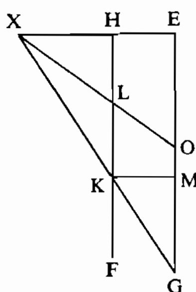
$$x = \frac{P(Q_2 - Q)}{Q_2 - Q_1} = \frac{P(m_2 - m)}{m_2 - m_1}$$

حيث:

$$F = P - Q = cm \text{ و } F_1 = P_1 - Q_1 = cm_1 \text{ و } F_2 = P_2 - Q_2 = cm_2$$

و x هي وزن أحد عنصري السبيكة.

هناك طريقة أخرى تتبع الطريقة الأولى، لكنها هندسية. يرسم الخازني خطين مستقيمين متوازيين EG وHF. ويضع عليهما وفق مقياس مدرج معين المقاطع التالية: $EG = P$ الذي يمثل وزن السبيكة في الهواء، $LF = Q$ الذي يمثل وزنها في الماء، $HF = \xi_1 = PQ_1/P_1$ الذي يمثل الوزن في الماء لكمية الذهب الموجودة في السبيكة، $KF = \xi_2 = PQ_2/P_2$ الذي يمثل الوزن في الماء لكمية الفضة الموجودة في السبيكة (انظر الشكل رقم (١٨ ـ ٦)). ثم يرسم المستقيمين EH وGK ويمدهما حتى التقائهما في النقطة X. فهما يتقاطعان حتماً، ويمكن إثبات هذا الأمر بسهولة.



الشكل رقم (١٨ ـ ٦)

ثم يرسم الخازني المقطع KM بشكل موازٍ للمستقيم HE. فيحصل على متوازي الأضلاع $MEHK$، حيث يكون مجموع الزاويتين GEH وEMK مساوياً لزاويتين قائمتين، وتكون الزاوية EXK حادة. وبما أن EMK هي زاوية خارجية بالنسبة إلى المثلث MGK، فإن الزاوية EGX هي أيضاً حادة.

ويرسم الخازني بعد ذلك المستقيم XL وفق زاوية معينة بينه وبين المستقيم XHE. ويقطع XL المقطع EG في النقطة O. وفي الحالة العامة، تقسم هذه النقطة المقطع EG إلى قسمين غير متساويين. وقد تم اختيار النقطة L بحيث يكون $LF = Q$. فإذا مر XO فوق المستقيم EMG تكون العينة من الذهب الخالص، وإذا مر تحت المستقيم XKG تكون العينة من الفضة الخالصة، وإذا قطع المستقيم XHE تكون العينة مزيجاً من هذين المعدنين. فالمقطعان EO وEG هما متناسبان مع نسبة تركيز هذين المعدنين في السبيكة موضوع الدرس.

إن الخازني، من بين المؤلفين الذين نعرفهم، هو الثاني الذي استخدم الطريقة الهندسية. أما الأول، كما ذكرنا، فهو الخيام. غير أننا نستطيع اعتبار طريقة الخيام كتصوير هندسي صرف لتقنية حسابية، في حين أن الخازني اقترح طريقة هندسية مفصلة ومبرهنة بدقة لحل مسائل المزيج. ويمكن اعتبار رسمه البياني كنموذج أولي للمخططات البيانية.

أما الطريقة الثالثة التي اقترحها الخازني فهي جبرية. وسنعرضها مستخدمين الرموز التي ذكرناها سابقاً. فالمعادلة التي صاغها الخازني بالكلمات يمكن كتابتها على الشكل التالي:

$$Q = x\frac{Q_1}{P_1} + (P - x)\frac{Q_2}{P_2}$$

حيث $\frac{Q_1}{P_1}$ و $\frac{Q_2}{P_2}$ هما الكسران اللذان يمثلان وزني عنصري السبيكة، وx هو وزن أحدهما المطلوب إيجاده. وإذا استخدمنا الطرق التي يفرضها «الجبر والمقابلة»، بإمكاننا تحويل هذه المعادلة على الشكل التالي:

$$x\left(\frac{Q_1}{P_1} - \frac{Q_2}{P_2}\right) = P\left(\frac{Q}{P} - \frac{Q_2}{P_2}\right)$$

وبذلك نحصل على:

$$x = \frac{P\left(\frac{Q}{P} - \frac{Q_2}{P_2}\right)}{\frac{Q_1}{P_1} - \frac{Q_2}{P_2}}$$

أو:

$$x = P\frac{Q - \xi_2}{\xi_1 - \xi_2}$$

أي أن الحل الجبري يعطي نفس النتائج التي حصلنا عليها حسابياً وهندسياً.

خلاصة

لقد استعرضنا سيرورة إنشاء الأسس النظرية والطرق التطبيقية لعلم السكون العربي.

إن هذه السيرورة لم تقتصر على الترجمة وكتابة الشروحات وعلى تجميع واقتباس أعمال العصور القديمة. فقد أجريت أولاً تحسينات على الطرق العائدة لأرخميدس ولمؤلف **المسائل الميكانيكية**، وجرى التعمق فيها بين القرنين التاسع والخامس عشر. ثم تم تطوير الجانب الدينامي لنظرية أرسطو خلال هذه الحقبة نفسها.

لقد أوصل رجال العلم العرب علم السكون إلى مستوى أعلى باستعمالهم مجموعة من الطرق الرياضية (ليس فقط تلك الموروثة عن النظرية القديمة للتناسبات وللتقنيات اللامتناهية في الصغر، بل استخدموا أيضاً من ضمن هذه المجموعة طرق الجبر وتقنيات الحساب الدقيقة التي كانت معروفة في عصرهم). فقد تعممت نتائج أرخميدس الكلاسيكية في نظرية مركز الثقل، وطبقت على أجسام ثلاثية الأبعاد. كما تأسست نظرية الرافعة الوازنة، ونشأ «علم الجاذبية» قبل أن يخضع لاحقاً لتطورات جديدة في أوروبا في القرون الوسطى. ودُرست ظاهرات علم السكون باستعمال مقاربة دينامية، بحيث أصبحت هاتان المادتان العلميتان، أي الديناميكا وعلم السكون، موحدتين في علم واحد هو علم الميكانيك.

كما أن اندماج المقاربة الدينامية مع علم الهيدروستاتيكا قد أنشأ تياراً علمياً يمكن تسميته بالهيدروديناميكا في القرون الوسطى.

لقد شكل علم السكون الأرخميدسي قاعدة ارتكزت عليها أسس علم الأثقال النوعية للأجسام. فقد تم تطوير طرق عديدة ودقيقة في الحساب، بهدف تحديد الأثقال النوعية للأجسام، وهي طرق استندت بخاصة إلى نظرية الميزان والوزنة. وأخيراً يمكن اعتبار أعمال البيروني والخازني الكلاسيكية، وعن حق، بداية تطبيق الطرق التجريبية في العلم في القرون الوسطى.

لقد كان علم السكون العربي حلقة أساسية في تطور العلم العالمي. فقد لعب دوراً مهماً في نشوء علم الميكانيك الكلاسيكي في أوروبا في القرون الوسطى. فلولاه ربما لم يكن باستطاعة علم الميكانيك الكلاسيكي أن يتأسس.

ـ ١٩ ـ

علم المناظر الهندسية(*)

رشدي راشد

مقدمة

علم المناظر العربي هو وريث علم المناظر الهلينستي، وبإمكاننا اعتبار هذا الأخير مصدره الوحيد. فقد أورثه مواضيعه ومفاهيمه ونتائجه والمدارس المختلفة التي تقاسمته خلال العصر الإسكندري. وهذا يعني أن العلماء العرب الأوائل الذين اشتغلوا بهذا العلم قد تتلمذوا في مدرسة المؤلفين الهلينستيين أمثال إقليدس وهيرون وبطلميوس وثيون وغيرهم، وعلى هؤلاء فقط. لذلك نرى أن علم المناظر يتميز عن بقية قطاعات العلوم الرياضية العربية، كعلم الفلك مثلاً، لكونه لم يتلقَّ أي إرث غير هلينستي، مهما كان ضئيلاً، من شأنه أن يؤثر ولو قليلاً في تطور هذا العلم.

لكن هذه التبعية القوية لم تحلْ دون بروز مبكر نسبياً لبحث مبدع خلاق. وفعلاً أصبحت سيرة هذا العلم، بعد النقل المكثف للكتابات اليونانية، وبسرعة كبيرة، سيرة تصحيح لهذه الكتابات، وتجميع لنتائج جديدة، وتجديد لفصوله الرئيسة. وقد كان انقضاء قرنين من الزمن كافياً لتحضير ثورة حقيقية طبعت بطابعها، وبشكل دائم، تاريخ علم المناظر، بل أيضاً وبشكل أعم تاريخ علم الفيزياء. وإننا سندرس هذه الحركة الجدلية القائمة بين التواصل الوثيق والانفصال العميق، لكي نفهم مسار علم المناظر العربي بين القرنين التاسع والسادس عشر.

لنعد إلى القرن التاسع، وبالتحديد إلى منتصفه، حيث سارت الترجمات العربية

(*) قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي.

للنصوص اليونانية جنباً إلى جنب مع الأبحاث الأولى المكتوبة بالعربية مباشرة في علم المناظر. لم يكن هذا التزامن بين الترجمة والبحث، والذي لم يُشَر إليه بشكل كافٍ، وقفاً على علم المناظر فحسب، بل تعداه إلى سائر المواد الرياضية إن لم يكن إلى الإرث القديم برمته. إن هذا التزامن هو بالنسبة إلينا أمر رئيس إذا أردنا فهم طبيعة حركة هذه الترجمة والإعداد لعلم المناظر. ولم تكن الترجمة أبداً عملية نقل فقط، بل بالعكس من ذلك، فإنها تبدو مرتبطة بالبحث الأكثر تقدماً في ذلك العصر. وحتى وإن لم تصلنا أسماء مترجمي الكتابات البصرية والتواريخ الدقيقة لترجمتها، لكننا نعلم بالمقابل أن أعمال الترجمة هذه قد تمت، في معظمها، خلال النصف الأول من القرن التاسع. فشهادات المترجمين والعلماء أمثال قسطا ابن لوقا وحنين بن إسحق، والعلماء الفلاسفة مثل الكندي، وجميعهم من القرن التاسع المذكور، بالإضافة إلى شهادات المفهرسين القدامى مثل ابن النديم، لا تسمح لنا بالرجوع بشكل أكيد وفعال إلى أبعد من هذا القرن وذلك فيما يتعلق بمجمل الكتابات في علم المناظر، باستثناء بعض الآثار التي ترتبط حصراً بطب العيون[(١)]. لكن قراءة لعلماء ذلك القرن كابن لوقا أو الكندي تكشف لنا اطلاعهم على الترجمة العربية لـ **مناظر** إقليدس ولتلك التي كتبها أنتيميوس الترالي بالإضافة إلى آخرين[(٢)]. وتغطي هذه الترجمات مجمل ميادين علم المناظر الهلينستية:

أ ـ البصريات بالمعنى الحقيقي، أي الدراسة الهندسية للمنظور، وكذلك للخداعات البصرية المرتبطة به.

ب ـ علم انعكاس الضوء، أي الدراسة الهندسية لانعكاس الأشعة البصرية على المرايا.

ج ـ المرايا المحرقة، أي دراسة الانعكاس المتقارب للأشعة الشمسية على المرايا.

د ـ ظواهر الجو مثل الهالة وقوس قزح.

هذه هي بالتحديد فصول علم المناظر كما أحصاها الفارابي فيما بعد في كتابه **إحصاء العلوم**[(٣)]. ومن ناحية أولى، يجب أن نضيف إلى هذه الفصول الهندسية العروض المتعلقة

---

(١) المقصود مثلاً كتابة جبرائيل بن بختيشوع (متوفى سنة ٨٢٨) حول العين، والتي لم تصلنا، أو تلك التي لابن ماسويه **دغل العين** والتي حُفظت.

(٢) حول الترجمة العربية لأنتيميوس الترالّي، انظر: Roshdi Rashed, «De Constantinople à Bagdad: Anthémius de Tralles et al-Kindī,» papier présenté à: *Actes du colloque sur la Syrie de byzance à l'Islam (Lym, 11-15 septembre 90)* (Damas: Institut français d'études arabes de Damas, 1991).

(٣) أبو نصر محمد بن محمد الفارابي، **إحصاء العلوم**، حققها وقدم لها عثمان أمين، ط ٣ (القاهرة: [د.ن.]، ١٩٦٨)، ص ٩٨ ـ ١٠٢.

بنظرية الرؤية والتي وجهت أعمال الأطباء المرتبطة بطب العيون وكذلك مؤلفات الفلاسفة، ومن ناحية ثانية، يجب أن نضيف تأملات هؤلاء الفلاسفة أيضاً حول نظريات علم المناظر الفيزيائي، كالألوان مثلاً.

وهكذا فإن عالِماً يعيش في منتصف القرن العاشر كان يستطيع الاطلاع على ترجمة كتاب **المناظر** لإقليدس وعلى الجزء الأكبر من كتاب **المناظر** المنسوب لبطلميوس[(٤)]. كما كان بإمكانه الاطلاع بشكل غير مباشر، إلى حد ما، على كتاب **الانعكاس** المنسوب زعماً لإقليدس، وعلى بعض كتابات مدرسة هيرون الإسكندري. كذلك كان هذا العالِم يعرف، تقريباً، مجمل الكتابات اليونانية التي تعالج موضوع المرايا المحرقة، (البعض منها لم يسلم إلا في ترجمته العربية). كما ترجمت إلى العربية، إضافة إلى مجموعة منتخبات من كتاب ديوقليس، كتابات لأنتيميوس الترالي، ولآخر يدعى ديديم (Didyme)، ولمؤلف يوناني نجهل هويته ويشار إليه باسم «دترومس» (Dtrums)[(٥)]. ويستطيع هذا العالم، أيضاً، قراءة كتاب **الآثار العلوية** لأرسطو[(٦)] في ترجمته العربية وبعض الشروحات حول هذا الكتاب، كشرح أولمبيودور (Olympiodore)[(٧)]. كما كان على علم، على الأقل من حيث المضمون، بأعمال جالينوس المتعلقة بتشريح وفيزيولوجيا العين[(٨)]. وأخيراً، كانت في متناول

---

(٤) تبين دراسة أعمال قسطا بن لوقا وأبي إسحق الكندي، وكلاهما من القرن التاسع، أنهما كانا مطلعين على **مناظر** إقليدس، وعلى إحدى ترجمات **الانعكاس** المزعوم لإقليدس. لكننا لا نعلم حتى الآن وبشكل محدد متى ترجمت **المناظر** المنسوبة إلى بطلميوس إلى العربية. وأول شهادة حقيقية عن وجود هذه الترجمة تعود لابن سهل وهي متأخرة نسبياً، في الربع الأخير من القرن العاشر. انظر: Roshdi Rashed, *Dioptrique et géométrie au X^e siècle: Ibn Sahl, al-Qūhī et Ibn al-Haytham* (Paris: Les Belles lettres, 1991).

(٥) حول هذه الأعمال عن المرايا المحرقة، انظر: Roshdi Rashed, *Dioclès, Anthémius de Tralles, Didyme, et al.: Sur les miroirs ardents,* collection G. Budé (sous presse).

(٦) انظر الترجمة العربية في: أبو الحسين يحيى بن الحسن بن البطريق، **في السماء والآثار العلوية**، تعريب كتاب أرسطوطاليس *Météorologiques*، نشره عبد الرحمن بدوي (القاهرة: [د.ن.]، ١٩٦١)؛ هنالك طبعة أخرى لهذا النص، انظر: Aristoteles, *The Arabic Version of Aristotle's Meteorology,* english translation by C. Petraitis, a critical edition with an introduction and greek - arabic glossaries, université Saint Joseph, institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1: Pensée arabe et musulmane; t. 39 (Beyrouth: Dar El-Machreq, 1967).

(٧) انظر نص اسكندر الأفروديسي، في: ʻAbd al-Rahman Badawī, *Commentaires sur Aristote perdus en grec et autres épîtres,* institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, t. 1, nouv. série langue arabe et pensée islamique (Beyrouth: Dar El-Machreq, 1968), pp. 26 et sqq., وانظر نص أولمبيودور ص ١٤٤ وما بعدها.

(٨) انظر: Ḥunayn Ibn-Isḥāq, *Kitāb al-ʻashar maqālāt fī al-ʻayn al-mansūb li-Ḥunayn Ibn Isḥāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809-877 A.D.),* =

يده مؤلفات الفلاسفة التي تعالج مواضيع أخرى في علم المناظر الفيزيائي كتلك التي كتبها إسكندر الأفروديسي في الألوان(٩).

لم يكن الدافع لهذه الحركة المكثفة في ترجمة النصوص البصرية مرتبطاً بالاهتمامات العلمية والفلسفية فقط، كما حاول البعض أن يتصور ذلك، بل أيضاً بالتطبيقات المرتقبة.

فلقد شجع الخلفاء والأمراء البحث في ما صوره العلماء لهم كسلاح مخيف كان قد استخدمه أرخميدس لكي يقهر أسطول مرسالوس، وذلك السلاح هو المرايا المحرقة(١٠). وكان البحث في الانعكاس يستعاد دائماً بهدف إثارة إعجاب هؤلاء الأمراء وتسليتهم(١١). ونشير إلى أن هذين النوعين من التطبيقات لم يكونا جديدين، فقد أشير إليهما في العصور القديمة(١٢).

ولنذكّر الآن بالكتابات العربية الأولى، التي كانت، كما ذكرنا، معاصرة لهذه الترجمات. فقد كتبت في البداية أعمال تتعلق بطب العيون حيث حُرر بعضها قبل ظهور أي إسهام في بقية فصول علم المناظر. وترجع أولى هذه الكتابات حول العين إلى القرن الثامن؛ وقد توسعت هذه الكتابات مع ابن ماسويه، وبخاصة مع حنين بن إسحق وقسطا بن لوقا وثابت بن قرة. وسنتفحص لاحقاً مساهمة هذه المدرسة الطبية في علم المناظر الفيزيولوجي. ولنستعرض الآن الفصول الأخرى لعلم المناظر.

حسب المفهرسين القدامى، قاد عالمان عاشا في العصر نفسه البحث في علم المناظر وهما قسطا بن لوقا وأبو إسحق الكندي. وقد نسبت إلى الأول مقالة وحيدة، مخصصة للمرايا المحرقة، ولا يتعلق الأمر بترجمة لمؤلّف يوناني بل بتأليف عائد لهذا العالِم والمترجم المشهور حسب ما أشار إليه مفهرس القرن العاشر ابن النديم. وإن كانت هذه المقالة قد وجدت، فإنها لم تصل إلينا، في حين وصلت إلينا مقالة أخرى للمؤلف نفسه لم يأتِ على

= edited and translated by Max Meyerhof (Cairo: Government Press, 1928), and Max Meyerhof et Paul Sbath, eds., *Le Livre des questions sur l'œil de Honaïn Ibn Ishāq* (Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archeologie orientale, 1938).

(٩) انظر: Helmut Gätje, *Die Arabische Übersetzung der Schrift des Alexander von Aphrodisias über die Farbe* (Göttingen: [n. pb.], 1967).

(١٠) انظر مراسلة قسطا بن لوقا، في: Samir Khalil, «Une correspondance islamo-chrétienne entre Ibn al-Munajjim, Ḥunayn Ibn Ishāq et Qusṭā Ibn Lūqā,» dans: F. Graffin, *Patrologia Orientalis* (Belgique: Brepols, 1981), vol. 40, fasc. 4, 185, p. 156.

(١١) مقالة ابن لوقا، **كتاب في علل ما يعرض في المرايا المحرقة من اختلاف المناظر**، وكان قد ألّفها للأمير العباسي أحمد، ابن الخليفة المعتصم الذي حكم خلال الفترة ٨٣٣ ـ ٨٤٢.

(١٢) انظر مقدمة المؤلف المنسوب إلى ديوقليس، هامش رقم (٥).

ذكرها المفهرسون[١٣].

وترتبط باسم الكندي أربعة مؤلفات في علم المناظر والانعكاس، وثلاثة مؤلفات تعالج المرايا المحرقة وطرق إنشائها، وثلاثة أخرى في علم المناظر الفيزيائي[١٤]، وفي هذا التعداد نتساءل: هل هناك إحصاء صحيح أم مجرد ازدواجية في العناوين؟[١٥]. إننا لا نستطيع الإجابة الدقيقة عن هذا التساؤل. وكل ما نعلم هو أنه لم يبقَ من المجموعة الأولى سوى الترجمة اللاتينية لواحد من كتب الكندي في علم المناظر، وهو معروف تحت عنوان *Liber de causis diversitatum aspectus* [ومشار إليه بـ *De aspectibus*][١٦]؛ أما من المجموعة الثانية فإنه لم يصل إلينا سوى مؤلف مهم واحد يعالج المرايا المحرقة[١٧]؛ وأخيراً وصلنا مؤلفان من المجموعة الثالثة. ومهما يكن من أمر، فإننا نشهد مع قسطا بن لوقا، ولا سيما مع الكندي، بزوغ فجر البحث البصري والانعكاسي عند العرب.

أولاً: بدايات علم المناظر العربي: ابن لوقا، والكندي وخلفاؤهما

إن الترجمة العربية لـ **مناظر** إقليدس بالإضافة إلى نقل جزء على الأقل من مضمون كتاب **الانعكاس** المزعوم لإقليدس، شكلا منطلقاً لكتابات عديدة ذات دوافع وأهداف مختلفة: فهناك تطبيقات جديدة وأعمال جديدة يجري فيها التحسين وحتى التصحيح لبعض النقاط في **مناظر** إقليدس. ولكن أضيفت إلى المدرسة الإقليدسية هذه ثلاث أخريات في القرن التاسع وهي: مدرسة هيرون الإسكندري، التي يبدو أنها عُرفت بشكل مبكر نسبياً، ومدرسة الانعكاسيين الذين اهتموا بالمرايا المحرقة، ومدرسة الفلاسفة ولا سيما أرسطوطاليس. وتبدو تعددية المصادر هذه في أساس المشروع الأول لعلماء القرن التاسع. إلا أن أحد الخطوط الرئيسة لهذا المشروع هو بالتحديد إصلاح كتاب **المناظر** لإقليدس.

---

(١٣) المقصود هو «كتاب علل ما يعرض في المرايا المحرقة من اختلاف المناظر».

(١٤) Muḥammad Ibn Isḥāq Ibn al-Nadīm, *Kitāb al-Fihrist;* mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller, 2 vols. (Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871-1872); traduction anglaise par: Bayard Dodge, ed. and tr., *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth-Century Survey of Muslim Culture,* Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83, 2 vols. (New York: Columbia University Press, 1970), pp. 317 - 318 and 320.

(١٥) قابل العناوين التي أعطاها ابن النديم.

(١٦) انظر: Axel Anthon Björnbo and Seb Vogl, «Al-Kindi, Tideus und Pseudo-Euclid: Drei Optische Werke,» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften,* Bd. 26, no. 3 (1912), pp. 3-41.

(١٧) انظر: **كتاب الشعاعات** (مخطوطة، مكتبة خودا ـ بخش، ٢٠٤٨).

١ ـ إن أحد أوائل الكتب في علم المناظر العربي هو، كما ذكرنا سابقاً، كتاب قسطا ابن لوقا المكتشف حديثاً والذي لم يحلل من قبل[١٨]. في هذا الكتاب يعطي ابن لوقا لهذا العلم اسماً ويحدد هدفه، ويعطينا مفهومه لهيكلية هذا العلم.

وبالفعل يشارك تعبيران للدلالة على هذا العلم، وهما «علم اختلاف المناظر» و«علم الشعاعات». وهما التعبيران اللذان اختارهما الكندي أيضاً، مضيفاً إليهما التعبير «مطارح الشعاعات». هكذا كان الوضع في القرن التاسع كما نستطيع قراءته مدوناً بريشة ثابت بن قرة[١٩]. أما الغاية من هذا العلم فهي دراسة هذا الاختلاف في المناظر وأسبابه. إن البحث في هذه الأسباب يدفع ابن لوقا فضلاً عن الكندي للذهاب إلى أبعد من العرض الهندسي. فهما يقصدان بوضوح جمع هندسة الرؤية مع فيزيولوجيا الرؤية. وهكذا تتضح هيكلية علم المناظر كما جاءت في وصف ابن لوقا لها: «وأحسن العلوم البرهانية ما اشترك فيه العلم الطبيعي والعلم الهندسي لأنه يأخذ من العلم الطبيعي الإدراك الحسي ويأخذ من العلم الهندسي البراهين الخطوطية ولم أجد شيئاً تجتمع منه هاتان الصناعتان أكثر حسناً وكمالاً من علم الشعاعات لا سيما ما كان منها منعكساً عن المرايا»[٢٠].

وهكذا إذاً، فإنه بالنسبة إلى ابن لوقا، لا تُختصر البصريات بالهندسة أكثر من اختصار الانعكاس بها؛ بل على العكس من ذلك يجب تأليف الهندسة والفيزياء نظراً لخصائص الإدراك البصري. وبذلك يتميز موقف ابن لوقا هذا بالتأكيد عن موقف إقليدس؛ ولكن لا ينبغي اعتبار موقف ابن لوقا الواضح هذا نظرية جديدة، فهذه النظرية لم تبرز إلا لاحقاً مع إصلاح ابن الهيثم.

إن الهدف الرئيس لكتاب ابن لوقا هو دراسة الانعكاس على المرايا المسطحة والكروية المقعرة منها والمحدبة، ودراسة تنوع الصور المرئية تبعاً لموضع الجسم المرئي بالنسبة إلى المرآة ولبعده عنها... الخ. لكن ابن لوقا، وقبل الشروع بهذه الدراسة، يبدأ بتفسير موجز للرؤية وبتذكير ببعض النتائج البصرية.

إن مذهبه في الرؤية ذو مصدر إقليدسي وجالينوسي معاً. فهو يذكر أن «البصر يكون بشعاع ينبث من العين ويقع على المبصرات فتبصر بالشعاع الواقع عليها، فما وقع عليه الشعاع البصري يبصره الإنسان وما لم يقع عليه الشعاع البصري لم يبصره الإنسان»[٢١].

ونتعرف بوضوح في أقوال ابن لوقا هذه إلى نص التحديد الثالث لعلم «المناظر»

---

(١٨) قسطا بن لوقا، **كتاب في علل ما يعرض في المرايا المحرقة من اختلاف المناظر** (مخطوطة أسطان قدس، مشهد، ٣٩٢).

(١٩) إنه في الواقع تحت عنوان **علم المناظر** الذي يحفظه ابن قرّة. انظر: ثابت بن قرّة، **الرسالة المشوقة إلى العلوم** (مخطوطة مالك، طهران، ٦١٨٨).

(٢٠) المصدر نفسه، الورقة ٢و.

(٢١) المصدر نفسه، الورقتان ٣ظ ـ ٤و.

الإقليدسي. ويبقى تحديد شكل هذا الشعاع البصري بدقة. ويكتب ابن لوقا عندئذٍ: «الشعاع البصري ينبث من العين في صورة شكل مخروط مستجده يلي العين الباصرة وقاعدته تلي المبصرات التي تقع عليها فما وقعت عليه قاعدة المخروط الشعاعي أدركه البصر وما لم يقع عليه الشعاع البصري لم تدركه حاسة البصر، وهذا المخروط البصري ينفذ من العين الباصرة على خطوط مستقيمة لا اعوجاج فيها وله زاوية يحيط بها ضلعان من أضلاع المخروط، وتلك الزاوية تلي المبصرات لأن ذلك علة أن يرى الشيء الواحد مختلف العظم في قربه وبعد عن البصر، فيُرى في القرب عظيماً وفي البعد صغيراً»[٢٢]. ومن الواضح هنا أن ابن لوقا يستعيد أفكار إقليدس المتضمنة في التحديدات الأربعة الأولى من كتاب المناظر لإقليدس ولكنه يضيف إليها عناصر أخرى جالينوسية بموجبها «هذا الشعاع البصري ينبث من الروح النفسانية التي تنبعث من الدماغ إلى العينين وينبث من العين في الهواء إلى المبصرات ليكون كالعضو للإنسان فما وقع عليه ذلك الشعاع أدركته حاسة البصر»[٢٣].

إلا أن هذا الشعاع البصري لا يدرك المرئيات إلا بواسطة أحد نوعين من الأشعة هما، وفقاً لابن لوقا، الشعاع الشمسي والشعاع الناري. وكل واحد من هذين الشعاعين «يؤثر في الهواء ضياء لا يكون البصر إلا به وفيه»[٢٤].

ويبقى ابن لوقا للأسف صامتاً فيما يتعلق بدور الهواء والإضاءة في الرؤية.

ويبدو أن استعارته للعناصر الغالينوسية والتي استعارها أيضاً بمهارة حنين بن إسحق في ذلك العصر، تعود إلى عجز المذهب الإقليدسي عن إثبات أن الشعاع البصري هو أداة للعين، في حين أن الرؤية هي، مع ذلك، من عمل الروح.

فإذا عدنا اليوم إلى الدراسة البصرية والانعكاسية، نجد أن همّ ابن لوقا الأكبر يكمن في إثبات وصياغة ما طرحه إقليدس كمسلمات؛ ولكن هذه المحاولة ليست قصراً عليه، بل برزت عند الكندي أيضاً وبشكل أكثر سطوعاً. وهكذا بعد أن يثبت مسلمة إقليدس القائلة بأن الجسم المرئي يمكن إدراكه بأشكال مختلفة تبعاً لاختلاف زوايا الشعاع البصري الذي بواسطته تراه العين[٢٥]، نراه يتطرق إلى مشروعه الحقيقي أي البحث الانعكاسي. ووسيلته الرئيسة، التي هي في متناول يده، هي قانون الانعكاس، الذي يعبر عنه على الشكل التالي: «الشعاع البصري بل كل شعاع إذا لقي جرماً صقيلاً، انعكس منه على زوايا متساوية وأعني بقولي زوايا متساوية، أن تكون الزاوية التي يحيط بها الشعاع المنبث إلى الجرم الصقيل مساوية للزاوية التي يحيط بها الشعاع المنعكس عن الجرم الصقيل مع الجرم الصقيل»[٢٦]. يفترض

(٢٢) المصدر نفسه، الورقة ٤ ر.

(٢٣) المصدر نفسه.

(٢٤) المصدر نفسه.

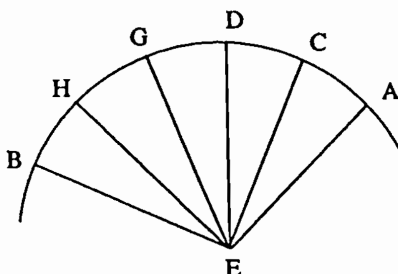
(٢٥) المصدر نفسه، الورقة ٤ ظ.

(٢٦) المصدر نفسه، الورقة ٦ ر.

ابن لوقا، أثناء تطبيقه لهذا القانون، ومن دون إيضاح، أن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس يقعان في مستوٍ واحد عمودي على مستوي المرآة. وإذا أردنا التقاط سمة أساسية من بحث ابن لوقا الانعكاسي فإننا نحددها على الشكل التالي: كان اهتمامه بالزاوية التي يُرى الجسم من خلالها في المرآة أكثر بكثير من اهتمامه بصورة هذا الجسم، ونعني بذلك المفهوم البصري للصورة.

ولإيضاح منهجه، نأخذ مثال الافتراض ٢٨ من «مقالته». فهو يريد أن يعرف أسباب عدم رؤية الوجه في بعض المرايا، وفي أية مرايا تحدث هذه الظاهرة وعلى أية مسافة؟ يعطي ابن لوقا الجواب عن هذا التساؤل في الحالة التي تكون فيها المرآة كروية مقعرة ويكون الناظر موجوداً في مركز الكرة. والسبب في ذلك هو أن «الشعاع المنبث من البصر في هذا الوضع ينعكس على ذاته»[٢٧].

لبرهان هذا الافتراض، يأخذ ابن لوقا مرآة كروية مقعرة. ويعتبر قوساً AB أصغر من نصف دائرة يولّد دورانه سطح الكرة. ليكن E مركز الكرة حيث توجد العين. لنرسم الشعاع البصري بين المقطعين AE وEB ولنبرهن أن هذا الشعاع ينعكس على نفسه (انظر الشكل رقم (١٩ ـ ١)).



الشكل رقم (١٩ ـ ١)

ولنرسم انطلاقاً من النقطة E إلى المرآة AB العدد الذي نبغي من المقاطع المستقيمة: EC، ED، EG، EH. فجميع هذه المقاطع متساوية، ويشكل كل واحد منها مع محيط الدائرة زاويتين متساويتين. يكتب ابن لوقا في هذه الحالة: «وقد كنا بينا أن الشعاع ينعكس عن الأجرام الصقيلة على زوايا متساوية، فإذا توهمنا خطوط هـ أ، هـ جـ، هـ د، هـ ز، هـ ح، هـ ب، شعاعات تلقى جرماً صقيلاً وهو المرآة التي على أ ب، كان لقاؤها إياه على زوايا متساوية، فهي إذن تنعكس على ذاتها. فهي، إذاً، تنعكس على نقطة واحدة وهي نقطة هـ فلا يرى في مرآة أ ب شيء غير نقطة هـ»[٢٨].

لم يستعن ابن لوقا هنا في برهانه إلا بكتاب **الانعكاس** المزعوم أنه لإقليدس وبالافتراضين الثاني والخامس، كما نلاحظ أن ابن لوقا، وكما فعل إقليدس في كتابه

(٢٧) المصدر نفسه، الورقة ١٣ و.

(٢٨) المصدر نفسه، الورقة ١٣ ظ.

المزعوم، درس كيفية ظهور الجسم في المرآة بالنسبة إلى عين المشاهد. نشير أخيراً إلى أن ابن لوقا استعان خلال دراسته، بالإضافة إلى الافتراضين المذكورين، بافتراضات أخرى من الكتاب نفسه، وبخاصة السابع والحادي عشر والثاني عشر، مما يؤكد قناعتنا بأن المؤلفين العرب قد عرفوا بطريقة أو بأخرى ترجمة لنص هذا الكتاب[٢٩].

٢ ـ إنّ عمل ابن لوقا يبقى ضمن إطار علم المناظر والانعكاس الهلينستيين. وقد كان ابن لوقا معروفاً كمترجم بارز، وهو بذلك يشكل حالة نموذجية. وعلى خطى إقليدس تصور وألف كتاباً طبق فيه ما استطاع حفظه من **مناظر** هذا الأخير، وما تعلمه أيضاً من إحدى ترجمات كتاب **الانعكاس**، وربما كذلك من أحد المصادر الذي لم يحدد حتى الآن، والذي ينتمي إلى مدرسة هيرون الإسكندري. لكن مساهمة ابن لوقا لم تقتصر فقط على مجرد شرح بسيط لإقليدس أو لإقليدس المزعوم. فقد باشر، وبشكل متقن، بإجراء بحث جديد في مجال المرايا المسلية، وحسّن المذهب الإقليدسي للرؤية كما أثبت ما طرحه إقليدس كمسلمة. إن تواضع نتائج ابن لوقا لا يستطيع طمس موقفه المجدِّد الصريح. فهذه النزعة عنده ليست ميزته الخاصة، فهي لا تقتصر على علم المناظر، بل إنها ميزة العصر، وإغفالها يحول بيننا وبين فهم إنجازات تلك الحقبة من الزمن. فهل ظهرت في بحثه المتعلق بالمرايا المحرقة؟ إننا نجهل هذا الأمر للسبب الذي أثرناه سابقاً. وعلى كل حال، فإن هذه النزعة هي التي دفعت الكندي، معاصر ابن لوقا، للسير قدماً، إن في إنجازه الفلسفي أو البصري، أي في أعماله التي تعالج المرايا المحرقة[٣٠]. وقد وضع الكندي نصب عينيه عرض تعاليم القدماء في هذين الميدانين، وتطوير ما بدأوا به، وتصحيح الأخطاء التي ارتكبت. وقد وفى فيما بعد بوعده في المؤلفين اللذين يعالجان المناظر الهندسية واللذين وصلا إلينا. وسنبدأ بتحليل سريع للمؤلف *Liber de causis diversitatum aspectus* ثم نستعرض كتابه عن المرايا المحرقة، قبل الإشارة إلى مقالاته الأخرى في علم المناظر الفيزيائي.

أراد الكندي أن يبرهن مسلمات إقليدس بطريقة أكثر جذرية من ابن لوقا. فقد خصص الربع الأول من *De aspectibus* لإثبات الانتشار المستقيم للأشعة الضوئية بواسطة تصورات هندسية عن الظلال ومرور الضوء عبر الثقوب، موسعاً بذلك ملحوظات من خاتمة كتاب **التنقيح** *(Recension)* لثيون الإسكندري[٣١].

يبرهن الكندي في الافتراض الأول من كتابه أنه إذا كان المصدر الضوئي والجسم

---

(٢٩) في الواقع، يستخدم ابن لوقا الافتراض ٧ من **الانعكاس** لإقليدس المزعوم في الافتراض ٢٢ والافتراضين ١١ و١٢ في الافتراض ٣٠.

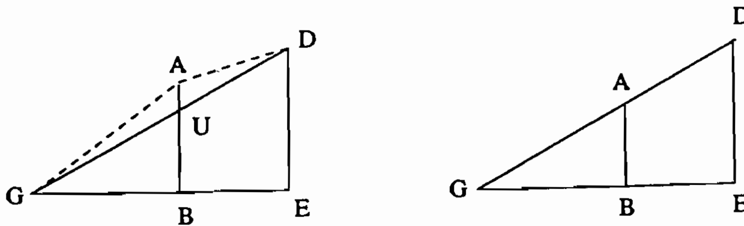
(٣٠) انظر «Al-Kindī,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 15, pp. 261-266.

(٣١) حول تأثير ثيون الاسكندري على الكندي، انظر شروحات بجورنبو، في: Björnbo and Vogl, «Al-Kindi, Tideus und Pseudo-Euclid: Drei Optische Werke,» pp. 3-41.

المضاء بواسطة هذا المصدر يمثلان كرتين بنفس القطر d، عندئذ يكون الظل أسطوانياً، كما أن الظل الملقى على مستوٍ عمودي على المحور المشترك يكون دائرة بنفس القطر d. وبالعكس، إذا كان للجسم المضاء وللظل الملقى على مستوٍ نفس القطر d، فإن المصدر الضوئي يكون عندئذٍ كروياً، وبنفس القطر d.

في الافتراض الثاني يبرهن الكندي أنه إذا كان قطر المصدر الضوئي أكبر من قطر الجسم المضاء، عندئذٍ يكون الظل مخروطياً، والظل الملقى على مستوٍ عمودي على محور المخروط يمثل دائرة بقطر أصغر من قطر الجسم المضاء. ثم يبرهن لاحقاً الافتراض الثالث، وهو الحالة التي يكون فيها قطر المصدر الضوئي أصغر من قطر الجسم المضاء، عندئذٍ يكون الظل جذع مخروط، أما الظل الملقى على مستوٍ عمودي على محور الجذع فيكون دائرة ذات قطر أكبر من قطر الجسم المضاء. إن هذه الافتراضات الثلاثة سمحت للكندي بأن يبرهن الانتشار المستقيم للضوء.

يضيف الكندي، ثلاثة افتراضات أخرى مخصصة لإثبات المبدأ نفسه بشكل قطعي. وهكذا، في الافتراض الخامس يأخذ مصدراً ضوئياً مستقيماً ED (أو حتى مصدراً بشكل نقطة D) ويأخذ جسماً مضاء مستقيماً AB. ويؤكد أنه إذا كان الظل هو BG، عندئذٍ فإن التجربة تعطي: $BG/BA = EG/DE$، ويستتبع هذه المعادلة أن النقاط الثلاث D وA وG هي على استقامة (انظر الشكل رقم (١٩ ـ ٢)).



الشكل رقم (١٩ ـ ٢)

وفعلاً، إذا لم تكن هذه النقاط الثلاث على استقامة عندئذٍ يقطع DG المقطع AB في U. ويكون المثلثان GBU وGED متشابهين، ونحصل على: $BG/BU = EG/DE$.

وبمقارنة النسبتين نحصل على $BU = BA$، وينشأ عن ذلك تناقض.

في الافتراض السادس يأخذ الكندي ثقباً مضاء بواسطة مصدر ضوئي ويثبت، انطلاقاً من صورة هذا الثقب، الانتشار المستقيم للضوء.

من الملاحظ هنا أن الكندي يتكلم عن أشعة مصادر ضوئية؛ وهذا يعني أنه يُقر، مثل الكثيرين أمثاله من مؤلفي العصور القديمة، أن هذه الأشعة مماثلة للشعاع البصري بالنسبة

إلى الانتشار أو بالنسبة إلى بقية قوانين البصريات.

وما إن ينتهي الكندي من إثبات الانتشار المستقيم للضوء، حتى يرجع إلى نظرية الرؤية(٣٢). ويبدأ بالتذكير بالمذاهب الرئيسة المعروفة منذ العصور القديمة، لكي يتبنى في النهاية مذهب البث (l'émission). ويبرر اختياره هذا مقدماً حججاً جديدة ضد المذاهب القديمة، وبخاصة ضد مذهب إدخال الأشكال (l'intromission des formes)، كما هو عند الذريين اليونانيين وضد مذهب البث ـ الإدخال للأشكال كما هو الأمر عند أفلاطون. ويعود نقده أخيراً إلى برهان استحالة التوفيق بين مذهب إدخال الأشكال، أي الكليات غير القابلة للتحليل إلى عناصرها البسيطة، وواقع أن إدراك جسم ما هو مرتبط بموضعه في الفضاء العادي. وإذا كان مذهب إدخال الأشكال صحيحاً، يقول الكندي، فإن دائرة موجودة في نفس مستوي العين تكون عندئذٍ مرئية بكاملها، وهذا أمر غير صحيح. ومع ذلك، فإنه لا يقبل المذهب الإقليدسي للبث إلا بعد أن يدخل عليه بعض التحسينات الجدية. فمخروط الرؤية، في اعتقاده، وبخلاف ما يرى إقليدس، ليس مؤلفاً من أشعة منفصلة، بل من كتلة أشعة متواصلة.

إلا أن أهمية هذا التحسين الأخير تكمن في الواقع في الفكرة التي يرتكز عليها: وهي فكرة الشعاع. فعلى غرار ابن لوقا، نرى الكندي يستبعد المفهوم الهندسي الصرف للشعاع؛ فالأشعة عنده ليست مستقيمات هندسية، بل انطباعات تولدها الأجسام ثلاثية الأبعاد؛ أو حسب ما ذكره الكندي نفسه(٣٣): «ولكن الشعاع هو تأثير الجسم المضيء على أجسام غير شفافة، ويشتق اسمه (أي الشعاع) من اسم الضوء بسبب التغيرات التي يحدثها على الأجسام هذا التأثير. فإن التأثير وما وقع فيه التأثير، مجتمعين، يؤلفان الشعاع. ولكن الجسم الذي يحدث التأثير هو جسم ذو ثلاثة أبعاد: طول وعرض وعمق. فإن الشعاع لا يتبع خطوطاً مستقيمة قد يكون بينها فسحات»(٣٤).

إن نقد الكندي لمفهوم الشعاع هو نقد مهم في حد ذاته، فهو يحضّر، بشكل أو بآخر، لخطوة أساسية سيجتازها ابن الهيثم فيما بعد: وهي الفصل بين الضوء والخط المستقيم الذي يسلكه أثناء انتشاره. لكن ينبغي على الكندي أيضاً أن يفسر اختلاف الإدراك تبعاً لمناطق المخروط المختلفة. وبذلك ينفرد بموقف متميز في آن معاً عن إقليدس وبطلميوس، مفترضاً خروج مخروط رؤية من كل نقطة من العين.

---

(٣٢) انظر: David C. Lindberg, «Al-kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision,» *Isis*, vol. 62, no. 214 (December 1971), pp. 469-489, reprinted in: David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler* (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1976), vol. 2, pp. 18-32.

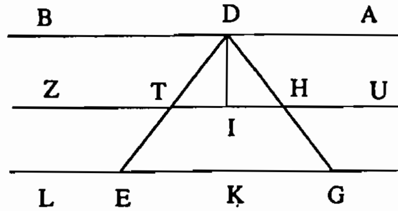
(٣٣) بتصرف. (المترجم).

(٣٤) انظر: Björnbo and Vogl, «Al-Kindi, Tideus und Pseudo-Euclid: Drei Optische Werke,» *Liber de causis...*, proposition 11.

انظر أيضاً: Roshdi Rashed [et al.], *L'Œuvre optique d'al-Kindī* (Leiden: sous presse).

وهكذا بعد أن أثبت الانتشار المستقيم، الذي يرجع إليه في الافتراض الثالث عشر ليبرهن أنه يحدث في كل الاتجاهات، وبعد أن أعد مذهبه في الرؤية، يعود إلى دراسة المرايا والصور انطلاقاً من الافتراض السادس من كتابه. وهنا يبرهن تساوي الزاويتين اللتين يكوّنهما الناظم على المرآة في نقطة السقوط مع الشعاع الساقط ومع الشعاع المنعكس. يبرهن الكندي هذا القانون ليس فقط بطريقة هندسية بل وبطريقة تجريبية أيضاً. فهو يضع، لهذه الغاية، مرآة مستوية AB ولوحة UZ موازية لـ AB. ثم يأخذ نقطة D على المرآة ويرسم GD الذي يقطع UZ في النقطة H (انظر الشكل رقم (١٩ ـ ٣)).

ونُسقط على UZ عموداً يقطعه في النقطة I. ثم نأخذ على UZ مسافتين متساويتين $IT = IH$. ثم يثقب اللوحة ثقباً دائرياً في T. ويضع لوحة ثانية KL موازية لـ AB. وتتمثل تجربة الكندي في هذه الحالة في وضع مصدر ضوئي على DG أو على امتداده وفي إثبات أن الشعاع المنعكس يكون باتجاه DE.



الشكل رقم (١٩ ـ ٣)

وفي الواقع يندرج هذا «الإثبات التجريبي» في مدرسة قديمة نتلمس آثارها في تنقيح (recension) ثيون لـ مناظر إقليدس والتي تعمق فيها ابن الهيثم كما سنرى فيما بعد.

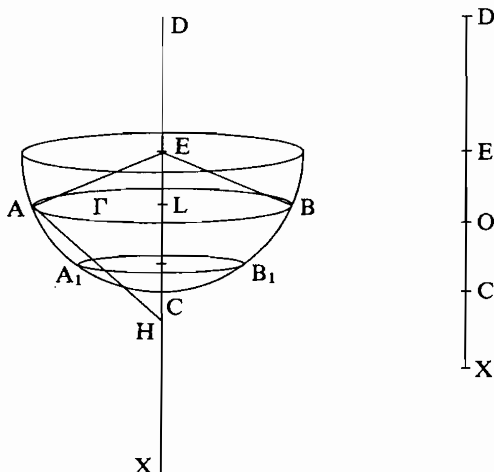
يتابع الكندي نفس البحث المذكور (الافتراض الثامن عشر) آخذاً مرآة كروية محدبة أو مقعرة، ليبرهن أن انعكاس الشعاع في أية نقطة من المرآة يحصل على المستوي المماس في هذه النقطة. ثم يتفحص في الافتراض الحادي والعشرين موضع الصورة الوهمية ويستنتج فكرة التناظر بالنسبة للمرآة. ثم يدرس في الافتراض الثالث والعشرين فكرة زاوية الرؤية.

٣ ـ لم تقتصر مساهمة الكندي على أعماله البصرية والانعكاسية فحسب. وكأنه أراد معالجة جميع المواضيع الموروثة عن علم المناظر القديم. وهكذا نجده يخصص كتاباً كاملاً للمرايا المحرقة؛ ومن بعده لم يأتِ عالم عربي شهير في علم المناظر إلا وضمّن بحثه دراسة في المرايا المحرقة. هذا، على الأقل، حال المؤلّفين الأكثر أهمية وهما: ابن سهل وابن الهيثم. والمقصود هنا هو فصل مركزي في علم المناظر وليس كما كان الحال في العصور القديمة حيث كانت هذه المرايا تعتبر اختصاصاً مستقلاً. وفضلاً عن ذلك، سنرى لاحقاً أن هذه الدراسة ستقودنا بالتحديد إلى تدشين فصل جديد في القرن العاشر تحديداً، وهو فصل الانكسارات.

لم يحلّل كتاب الكندي هذا بشكل صحيح حتى الآن[٣٥]. وهو يقع، كبقية أعماله الأخرى، في تواصل مع العلماء القدامى وفي تعارض معهم في الوقت نفسه. ويحاول الكندي سد النواقص في دراسة أنتيميوس الترالي. ألم يأخذ هذا الأخير كحقيقة واقعة تلك الأسطورة التي تقول إن أرخميدس أحرق الأسطول الروماني من دون أن يبرهن هذه الإمكانية؟ ألم يعمل من أجل صنع مرآة تعكس أربعة وعشرين شعاعاً نحو نقطة واحدة دون أن يحدد بدقة المسافة بين هذه النقطة والمرآة؟ وقد أخذ الكندي هذه المهمة على عاتقه في خمسة عشر افتراضاً غير متساوية من حيث الأهمية.

إن هدف الافتراضات الأربعة الأولى هو إنشاء مرآة محرقة ذات شكل مخروطي. فهو يدرس لهذه الغاية في الافتراضات الثلاثة الأولى جهازاً مؤلفاً من مرآتين مستويتين وموضوعتين على وجهي ثنائي الأسطح.

وتعالج الافتراضات السبعة التالية إنشاء المرايا الكروية المقعرة. ويكون محور المرآة موجهاً دائماً نحو الشمس، ويعالج الكندي مسألة الأشعة الساقطة على نقاط الدائرة التي تحد المرآة. ويبرهن أن الأشعة المنعكسة تلتقي في نقطة واحدة من المحور. ويميز بين عدة حالات تبعاً لنسبة القوس AB، الذي يحدد المرآة، إلى الدائرة الكبرى للكرة. ويحصل الأمر ذاته إذا أخذنا مرآة كروية مقعرة ذات محور CD وهي على شكل نصف كرة، وإذا أخذنا على المرآة دوائر ذات محور مشترك CD (الشكل رقم (١٩ ـ ٤)).



الشكل رقم (١٩ ـ ٤)

(٣٥) انظر مخطوطة: كتاب الشعاعات حيث نعطي نشرة نقدية وترجمة فرنسية لهذا النص (انظر الهامش السابق).

لتكن Γ إحدى هذه الدوائر ومركزها L؛ وليكن E مركز الكرة وR نصف قطرها وO في منتصف EC؛ فنستطيع تلخيص نتائج الكندي الرئيسة كما يلي:

١ ـ إن الشعاع الشمسي الساقط في النقطة A من الدائرة Γ ينعكس نحو النقطة H من المحور CD. وتبقى النقطة H ثابتة عندما ترسم A الدائرة Γ.

٢ ـ يتعلق موضع النقطة H بالقوس AB الموافق للدائرة Γ، ويتعلق بالتالي بالزاوية $\alpha = AEB$.

ـ ترسم النقطة H المقطع OC في الحالة $\alpha \in [0, \frac{2\pi}{3}]$.

ـ عندما تكون $\alpha \in]\frac{2\pi}{3}, \pi[$ تكون النقطة H، التي يتجه نحوها الشعاع المنعكس، موجودة على نصف المستقيم CX.

ـ تتحدد المسافة LH عندما نعرف القوس AB. وبسهولة نثبت أن:

$$LH = R\, sin \frac{\alpha}{2} . |cotg\ \alpha|.$$

وهكذا إذا كانت المرآة محددة بالقوس AB والذي يساوي $\frac{2\pi}{3}$، فإن جميع الشعاعات المنعكسة والموافقة لجميع الشعاعات الشمسية الساقطة على المرآة تتجمع على المقطع OC. أما الشعاعات الساقطة في جوار النقطة C، فإنها تنعكس لتمر في جوار النقطة O. ومن ناحية أخرى، إذا كان $\frac{2\pi}{3} < arc\ AB < \pi$، وإذا أردنا أن تلتقي الشعاعات المنعكسة بالمحور لوجب استعمال رأس كرة (قبّة) يكون مركزها النقطة C.

يعود الكندي بعد دراسة هذه المرآة إلى مسألة أنتيميوس التالي: وهي إنشاء جهاز من خمس وعشرين مرآة مسدسة الأضلاع، يستطيع عكس الأشعة الشمسية الساقطة في مركز المرايا، باتجاه نقطة وحيدة. ويبرهن أنه إذا كانت الأشعة الشمسية موازية لمحور المرآة المركزية، فإن المسألة تكون سهلة بالنسبة إلى ثلاث عشرة مرآة، حيث توجد نقطة تجمع نسميها R. لكن المسألة تتعقد بالنسبة إلى المرايا الاثنتي عشرة الباقية حيث نصطدم بالصعوبة التي واجهت أنتيميوس إذ إنّ الشعاعات تنعكس نحو نقطة أخرى مختلفة عن النقطة الأولى وهي موجودة على محور الجهاز وقريبة من النقطة R.

إن برهان الكندي صحيح بالنسبة إلى المرايا الست المحيطة بالمرآة المركزية؛ لكنه يؤكد دون برهان نفس الخاصية لبقية المرايا، وهذا الأمر ليس صحيحاً بشكل تام.

أراد الكندي، في الافتراض الرابع عشر، إنشاء مرآة تكون «أكثر إتقاناً من مرآة أنتيميوس». وهكذا أنشأ، انطلاقاً من مضلع منتظم ذي أربعة وعشرين ضلعاً، هرماً منتظماً ذا أربعة وعشرين جانباً، وذلك لكي تكون الأشعة الشمسية الساقطة في وسط قاعدات هذه الجوانب المأخوذة كمرايا، منعكسة نحو نفس النقطة J من محور الهرم. ويحدد هذه النقطة J عندما يأخذ جانبين متناظرين بالنسبة إلى المحور، ولكنه لا يبرهن هنا أن النقطة J تبقى هي

نفسها فيما لو أخذ جانباً أياً كان من الجوانب. ومما تجدر الإشارة إليه أن هذه النتيجة تكون بديهية لو أخذنا بعين الاعتبار مستويات التناظر في الهرم المنتظم.

ويختتم الكندي الجزء الأخير من مؤلفة بنص، إذا ما تم تصويبه فإنه يصوغ لنا مسألة أنتيميوس وهي تتمثل في إنشاء مرآة بقطر محدد، تعكس الأشعة نحو نقطة محددة. والطريقة التي يشير إليها تتمثل في إنشاء قطع مكافئ بواسطة نقاط ومماسات، وهذا القطع المكافئ يملك بؤرة ودليلاً معروفين.

إن الطريقة والأفكار هي مماثلة لتلك التي أوردها أنتيميوس، إلا أن برهان الكندي هو أكثر وضوحاً وتنظيماً على الأقل مقارنة بالبرهان الذي وصل إلينا في النص اليوناني لأنتيميوس، أو في الترجمة العربية التي كنا، لحسن الحظ، قد عثرنا عليها.

وهكذا، فإننا نقدر الأهمية والاتساع اللذين استطاع الكندي أن يوليهما لدراسة المرايا المحرقة. فهو يتفحص خمس مرايا، وبذلك يكون قد درس عدداً من المرايا أكثر مما فعل أسلافه الهلينستيون. وهو يرجع إلى ترجمة حديثة لأنتيميوس الترالي، ولكنه لم يلبث أن ذهب قدماً بعيداً عنه. وإذا لم يُعِر اهتمامه في كتابه إلى المرايا الاهليلجية فذلك لأنه لم يكن يهتم إلا بالمرايا التي يمكن أن توافق أسطورة أرخميدس. وقد تابع خلفاؤه العرب من بعده، وبنشاط كبير، دراسة انتشار الأشعة الشمسية وتقاربها بعد الانعكاس. وهذه الدراسة ستترك بصماتها الدامغة على تطور علم المناظر بأكمله كما سنرى لاحقاً.

تنسب إلى الكندي أيضاً مقالة صغيرة يبرهن فيها أن «أعظام الأشكال الغائصة في الماء كلما غاصت تُرى أعظم»، حيث يحاول بواسطة الانعكاس تحليل ظاهرة في الانكسار. تبين هذه المقالة، والتي نُسبت خطأً إلى مؤلف متأخر، أن الفيلسوف الكندي لم يكن بعد مطلعاً آنذاك على **مناظر** بطلميوس. ومن الجدير ذكره، أخيراً، الكتيبات التي عالج فيها، بطريقة أو بأخرى، مسألة اللون. وعنوان الكتيب الأول «في الجرم الحامل بطباعه اللون من العناصر الأربعة والذي هو علة اللون في غيره»[٣٦].

وهذا الجسم بالنسبة إليه ليس سوى «الأرض». وفي الكتيب الثاني يتساءل عن «علة اللون اللازوردي الذي يُرى في الجو في جهة السماء ويُظن أنه لون السماء»[٣٧].

ويرى الكندي عندئذٍ أن هذا اللون ليس هو لون السماء، ولكنه خليط من ظلمة السماء ومن ضوء الشمس المنعكس على جزيئات الغبار في الجو.

---

(٣٦) أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي، **رسائل الكندي الفلسفية**، تحقيق وتقديم محمد عبد الهادي أبو ريدة، ٢ج (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣)، ج ٢، ص ٦٤ ـ ٦٨.

(٣٧) المصدر نفسه، ص ١٠٣ ـ ١٠٨.

ثانياً: ابن سهل ونظرية العدسات الهندسية

تشكلت في منعطف القرن التاسع مجموعة أساسية من كتابات بصرية تشمل في آن معاً ترجمات الكتب اليونانية في علم المناظر، والانعكاسيات، والمرايا المحرقة، وعلم المناظر الفيزيولوجي، والمساهمات الجديدة للعلماء العرب أنفسهم. لقد أورد المفهرسون القدامى أسماء وعناوين لا نعرف عنها إلا النزر القليل. وعلى سبيل المثال، فإن مفهرس القرن العاشر ابن النديم قد ذكر ابن مسرور النصراني في الجيل الذي تلا جيل الكندي وابن لوقا. ولكن على الرغم من كل الدلائل التي تشير إلى الاستمرار في الكتابة في ذلك العصر في علم المناظر، فإنه لم يصل إلينا إلا القليل القليل من الوثائق في علم المناظر الهندسي؛ وكلها تشهد على الاهتمام الرئيس المتمثل في دراسة المرايا المحرقة.

وفي الواقع، وحتى الآن، ليس في متناول يدنا سوى ثلاثة مؤلفات يعود اثنان منها، دون أدنى شك، إلى ذلك العصر، وهما: كتاب الفلكي عطارد بن محمد ومقالة الرياضي أبي الوفاء البوزجاني، أما الثالث فنسبته إلى ذلك العصر ليست مؤكدة، وهو مقالة أحمد بن عيسى. فكتاب عطارد هو، كما بيّنا في مكان آخر[٣٨]، عبارة عن تجميع واقتباس لـ **المرايا المحرقة** لأنتيميوس الترالي ولمؤلف يوناني آخر من مدرسة هيرون الإسكندري. وشروحات عطارد لم تضف شيئاً أساسياً وكذلك مقالة ابن عيسى. فالأمر، كما بينا، يتعلق بتجميع واقتباس لمصادر واحدة، وينبغي أن نضيف إلى هذه المصادر **المرايا المحرقة** للكندي والمقالة الصغيرة المنسوبة إليه حول الأشكال المغمورة في الماء والتي أتينا على ذكرها سابقاً، وكذلك **مناظر** إقليدس، بالإضافة إلى الكثير من النصوص الأخرى. إن مقالة ابن عيسى هذه مهمة لمعرفة المصادر اليونانية والعربية في القرن التاسع. وقد شمل هذا التجميع والاقتباس فصولاً هي في الأصل نصوص مستقلة. لذلك نجد فيها، علاوة على علم المناظر والانعكاسيات، المرايا المحرقة، والهالة، وقوس قزح، ووصف العين. وأخيراً، فيما يتعلق بأبي الوفاء، فإنه يطبق طريقة طريفة لإنشاء مرآة مكافئية المقطع.

هذا الاهتمام بدراسة المرايا المحرقة يشكل مرحلة أساسية في فهم تطور علم انعكاس الضوء وانكساره، كما يشهد على ذلك اكتشافنا الحديث لمقالة مكتوبة بين العامين ٩٨٣ و٩٨٥م للعالم أبي سعد العلاء بن سهل. فبعد أن انطلق تحديداً من دراسة المرايا المحرقة، أضحى ابن سهل في تاريخ العلوم، أول من بدأ بحثاً يتناول العدسات المحرقة؛ وقد مثل لهذا الأخير بحثه «وثيقة ولادة» لعلم انكسار الضوء. وإن هذه المعرفة الحديثة بإنجاز ابن سهل تلقي المزيد من الضوء على إنجاز خلفه ابن الهيثم وذلك بتحديد موقعه التاريخي والرياضي.

تساءل علماء الانعكاس قبل ابن سهل عن الخصائص الهندسية للمرايا، وعن

(٣٨) انظر الهامش رقم (٥) السابق.

الإشعال الذي تحدثه على مسافة معينة. هذه هي باختصار المسألة التي طرحها ديوقليس وأنتيميوس الترالي والكندي. وقد غير ابن سهل السؤال دفعة واحدة، إذ لم يعد يأخذ المرايا فقط، بل الأدوات المحرقة، أي تلك الأدوات القادرة على الإحراق ليس فقط بالانعكاس بل وبالانكسار أيضاً. وقد درس عندئذٍ مرآة مكافئية المقطع ومرآة ناقصة المقطع وعدسة مستوية محدبة وعدسة محدبة الوجهين، وذلك تبعاً لبعد المصدر الضوئي ــ متناهٍ أو لا متناهٍ ــ وتبعاً لطريقة الإحراق ــ بالانعكاس أو بالانكسار. وفي كل هذه القطوع[٣٩] كان ابن سهل يبدأ بدراسة نظرية للمنحني ثم يعرض طريقة ميكانيكية لرسمه. فمثلاً، بالنسبة إلى العدسة المستوية المحدبة يبدأ بدراسة القطع الزائد كقطع مخروطي، ثم ينتقل إلى الرسم المتواصل لقوس قطع زائد، ليتابع لاحقاً دراسة المستوي المماس على السطح المتولد من دوران هذا القوس حول مستقيم ثابت، ليصل أخيراً إلى قوانين الانكسار. وإذا أردنا فهم دراسة ابن سهل للعدسات، يجب أن نحدد مسبقاً معارفه فيما يتعلق بالانكسار.

وهناك مقالة أخرى وصلتنا وعقّب عليها ابن الهيثم، وكان ابن سهل قد كتبها خلال تفحصه للفصل الخامس من **مناظر** بطلميوس، وعنوان هذه المقالة **البرهان على أن الفلك ليس هو في غاية الصفاء**. في هذه المقالة يطبق ابن سهل على دراسة الانكسار مفاهيم كانت سائدة عند بطلميوس. أما مفهوم الوسط فإنه يشغل حيزاً مهماً في هذه الدراسة. ويبرهن ابن سهل أن كل وسط، بما فيها الفلك، يملك بعض الغلظ[٤٠] الذي يحدده. لكن اكتشاف ابن سهل الحقيقي يبرز عندما يميز الوسط عن نسبة معينة، وهذا ما يقوم به في مقالته «الحرّاقات». ومفهوم النسبة الثابتة هذا هو بالتحديد الصفة المميزة للوسط، وجوهر دراسة ابن سهل عن الانكسار في العدسات.

وفي مستهل هذه الدراسة يأخذ ابن سهل سطحاً مستوياً GF يحد قطعة من البلور الشفاف المتجانس. ثم يرسم المستقيم CD الذي يحدد انتشار الضوء في البلور، والمستقيم CE الذي يحدد انكساره في الهواء، ويرسم الناظم على السطح GF في النقطة G الذي يقطع CD في H والشعاع المنكسر في E (انظر الشكلين رقمي (١٩ ــ ٥) و(١٩ ــ ٦)).

يطبق ابن سهل هنا بشكل واضح قانون بطلميوس المعروف الذي ينص على أن الشعاع CD في البلور، والشعاع CE في الهواء، والناظم GE على السطح المستوي للبلور هي في نفس المستوي. ويكتب باختصار، كعادته، وبدون شرح نظري: «فخط جـ هـ أصغر من خط جـ ح. ونفصل من خط جـ ح خط جـ ط مثل خط جـ هـ ونقسم ح ط

(٣٩) جمع قطع. (المترجم).

(٤٠) استعمل العرب لفظة الغلظ بمعنى الكمدة. (المترجم).

نصفين على نقطة ي ونجعل نسبة خط أ ك إلى خط أ ب كنسبة خط جـ ط إلى خط جـ ي ونخرج خط ب ل على استقامة خط أ ب ونجعله مثل خط ب ك. فإما أن تكون الأضواء الخارجة من. . .»[٤١].

الشكل رقم (١٩ ـ ٥)

الشكل رقم (١٩ ـ ٦)

(٤١) انظر: Ibn Sahl, «Les Instruments ardents,» dans: Rashed, *Dioptrique et géométrie au X^e siècle: Ibn Sahl, al-Qūhī et Ibn al-Haytham,* p. 34.

بهذه العبارات القليلة يستنتج ابن سهل أولاً أن $\frac{CE}{CH} < 1$ ويستعمل هذه النسبة على امتداد بحثه في العدسات المصنوعة من هذا البلور. فهو لا يتوانى عن إعطاء هذه النسبة نفسها، أو عن إعادة هذا الشكل نفسه في كل مرة يناقش فيها موضوع الانكسار في هذا البلور.

هذه النسبة ليست سوى معكوس معامل الانكسار[٤٢] في البلور بالنسبة إلى الهواء. وبالفعل، لنفترض أن i_1 وi_2 تمثلان الزاويتين المشكلتين على التوالي بين كل من CD وCE وبين الناظم GH؛ ينتج معنا أن:

$$\frac{1}{n} = \frac{sin\ i_1}{sin\ i_2} = \frac{CG}{CH} \times \frac{CE}{CG} = \frac{CE}{CH}$$

يأخذ ابن سهل النقطة I على المقطع CH بحيث تكون $CI = CE$، ويأخذ النقطة J في منتصف IH فنحصل عندها على:

$$\frac{CI}{CH} = \frac{1}{n}$$

وهذه القسمة $CIJH$ تميز البلور بالنسبة لأي انكسار كان.

ويبرهن علاوة على ذلك خلال بحثه في العدسة المستوية المحدبة والعدسة محدبة الوجهين، أن اختيار القطع الزائد لصنع العدسة مرتبط بطبيعة البلور، إذ إن الانحراف عن المركز للقطع الزائد هو $e = \frac{1}{n}$.

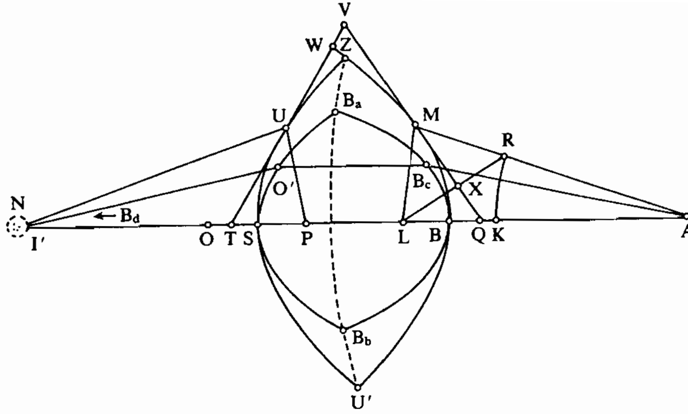
هذه النتيجة ستساعد على إدخال قاعدة الرجوع العكسي (العودة المتطابقة) للضوء في حالة الانكسار وهي قاعدة أساسية لدراسة العدسات محدبة الوجهين.

هذا هو إذن قانون سنيلليوس[٤٣] الذي اكتشفه ابن سهل وصاغه فعلاً. إن اكتشافه لهذا القانون، بالإضافة إلى تطبيق قانون الرجوع العكسي للضوء في حالة الانكسار، يظهران المسافة التي قطعها بعد بطلميوس في هذا المجال؛ فقد واجه دراسة العدسات مزوداً بهذه التقنيات التصورية.

وهكذا يبرهن أن الشعاعات الشمسية الموازية للمحور OB تنكسر على سطح القطع الزائد وأن الأشعة المنكسرة تتقارب في النقطة A (الشكلان رقما (١٩ ـ ٦) و(١٩ ـ ٧)).

(٤٢) أو قرينة الانكسار. (المترجم).

(٤٣) المصدر نفسه، من ص xxix الى ص xxxiv، و Roshdi Rashed, «A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses,» *Isis*, vol. 81, no. 308 (September 1990), pp. 464-491.



الشكل رقم (١٩ ـ ٧)

ثم يبرهن أن الشعاعات الضوئية المنبثقة من البؤرة N للمجسم الزائدي القطع على السطح الزائد، والساقطة على السطح ZSU'، تدخل العدسة وتلتقي السطح ZBU' وتنتشر وصولاً إلى النقطة A؛ حيث يتم الإشعال في هذه النقطة.

وهكذا تصور ابن سهل وأنشأ مجال بحث في الحرّاقات، ويمكننا القول في الانكسارات فضلاً عن ذلك. لكن اضطراره إلى التفكير بمخروطات أخرى غير القطع المكافئ والقطع الناقص، كالقطع الزائد مثلاً، باعتباره منحنياً انكسارياً، هذا الاضطرار ساقه بشكل طبيعي إلى اكتشاف قانون سنيلليوس. وندرك، إذن، منذ الآن أن الانكساريات، عندما رأت النور على يد ابن سهل، لم تعالج إلا ما يتعلق بانتشار الضوء وذلك بمعزل عن مسائل الرؤية.

ولم يكن للعين مكان في البحث ضمن نطاق الحراقات، وكذلك كان الأمر بالنسبة إلى موضوع الرؤية. إنها، إذن، وجهة نظر موضوعية جرى اعتمادها بشكل مقصود في تحليل الظاهرة الضوئية. وقد جاء هذا العلم غنياً بالمادة التقنية، لكنه، في الواقع، كان فقيراً جداً بالمحتوى الفيزيائي الذي بدا شبه معدوم فيه ومقتصراً على بعض الاعتبارات الطاقية[٤٤] على سبيل المثال. ولم يحاول ابن سهل أبداً، على الأقل فيما وصلنا من كتاباته، أن يفسر لماذا تغير بعض الشعاعات مسارها وتتجمع عندما تنتقل إلى وسط آخر: فكان يكفيه أن يعرف كيف أن حزمة من الشعاعات الموازية لمحور العدسة المستوية ـ المحدبة والزائدية المقطع، تعطي بالانكسار حزمة متقاربة. أما فيما يتعلق بمسألة حدوث الإشعال بسبب تقارب الشعاعات، فيكتفي ابن سهل بتعريف الشعاع الضوئي على أساس قدرته على الإشعال، واضعاً مسلمة تقول بأن السخونة تتناسب مع عدد الشعاعات، وهذا ما فعله خلفاؤه على امتداد طويل من الزمن.

---

(٤٤) نسبة إلى طاقة. (المترجم).

ثالثاً: ابن الهيثم وإصلاح علم المناظر

بينما كان ابن سهل ينهي مقالته حول «الحراقات»، وعلى الأرجح في بغداد، كان ابن الهيثم، المولود في البصرة سنة ٩٦٥م، في حوالى العشرين من عمره. فمن غير المستغرب، إذن، أن يكون هذا الرياضي والفيزيائي الشاب قد اطلع على أعمال سلفه هذا واستشهد بها واستوحى الكثير منها[٤٥]. إن وجود ابن سهل يقلب دفعة واحدة الصورة التي رسمها المؤرخون عن ابن الهيثم باعتباره منعزلاً علمياً في الزمان والمكان وباعتبار أن أسلافه يقتصرون على الرياضيين الإسكندريين والبيزنطيين أمثال إقليدس، وأرخميدس، وبطلميوس، وأنتيميوس الترالي. وهكذا وبفضل هذا التواصل والانتساب الجديد يتوضح وجود بعض مواضيع البحث في كتابات ابن الهيثم كأبحاثه في الكاسر، والكرة المحرقة، والعدسة الكروية. كما سمح هذا التواصل بما كان متعذراً من قبل، وهو تقدير التقدم الذي أحرزه جيل من البحث في علم المناظر. وهو تقدم بالغ الأهمية، إن من الناحية التاريخية أو من الناحية المعرفية (الإبستيمولوجية)، إلى درجة أننا أصبحنا على عتبة إحدى الثورات الأولى في علم المناظر، إن لم تكن في الفيزياء.

إن إنجاز ابن الهيثم في علم المناظر، بالمقارنة مع الكتابات الرياضية اليونانية والعربية التي سبقته، يُظهر، وللنظرة الأولى، سمتين بارزتين هما الاتساع والإصلاح. وإذا أمعنا النظر بدقة نستنتج أن السمة الأولى هي الأثر المادي للسمة الثانية. ففي الواقع، قبل ابن الهيثم لم يعالج أي عالِم في بحثه هذا العدد من الميادين كما فعل هو، وهذه الميادين تعود إلى تقاليد علمية مختلفة، فلسفية ورياضية وطبية. وعناوين كتبه تدل على هذا التنوع الواسع: **ضوء القمر، وضوء الكواكب، وقوس قزح والهالة، والمرايا المحرقة الكروية، ومرايا القطع المكافئ المحرقة، والكرة المحرقة، وكتاب في صورة الكسوف، ونوعية الظلال، ومقالة في الضوء**، ناهيك عن كتابه الذائع الصيت **كتاب المناظر** الذي ترجم إلى اللاتينية في القرن الثاني عشر، والذي دُرِّس وعُقِّب عليه بالعربية واللاتينية حتى القرن السابع عشر. فقد تطرق، إذن، ابن الهيثم ليس فقط إلى المواضيع التقليدية في البحث البصري، بل أيضاً إلى مواضيع أخرى جديدة كعلم المناظر وعلم المناظر الأرصادي، والانعكاسيات، والمرايا المحرقة، وعلم الانكسار، والكرة المحرقة، وعلم المناظر الفيزيائي.

إن نظرة ثاقبة تكشف أن ابن الهيثم يتابع في أغلبية هذه الكتابات تحقيق برنامج إصلاحي في علم المناظر، وهذا البرنامج قاده بالتحديد إلى تناول مختلف المسائل كلٍّ على حدة. إن العمل الأساس في هذا الإصلاح هو الفصل بوضوح، وللمرة الأولى في تاريخ

---

(٤٥) انـظـر: Rashed, *Dioptrique et géométrie au X^e siècle: Ibn Sahl, al-Qūhī, et Ibn al-Haytham*, especially p. lxxiii.



الصورة رقم (١٩ ـ ١)
ابن الهيثم (٣٥٤ ـ ٤٣٠/ ٩٦٥ ـ ١٠٤٠)،
كتاب المناظر (اسطنبول، مخطوطة فاتح، ٣٢١٢).

يعتبر هذا الكتاب، وهو من سبع مقالات، إحدى الإضافات الأساسية في تاريخ العلوم في كل الأزمنة. ففي هذا الكتاب نجح ابن الهيثم في عزل دراسة انتشار الضوء عن دراسة الأبصار، مما مكنه من استخلاص قوانين المناظر الهندسية، وكذلك قوانين المناظر الفيزيولوجية، كما مكنه أيضاً من أن يلج موضوع المناظر الفيزيائية.

ولقد ترك هذا الكتاب بصماته على التاريخ بنتائجه العلمية وكذلك بأثره على علماء الحضارة الاسلامية وعلى الكتابات اللاتينية ومؤلفات عصر النهضة والقرن السابع عشر الخاصة بهذا الموضوع. فقد قرأ وتعلم على ترجمته اللاتينية منذ أواخر القرن الثاني عشر تقريباً كل من اشتغل بالمناظر أو بالفيزياء.

ونجد في هذه الصورة، صورة غلاف الكتاب.

هذا العلم، بين شروط انتشار الضوء وشروط رؤية الأجسام(٤٦). لقد أوصل هذا الإصلاح، من جهة، إلى إعطاء مرتكز فيزيائي لقواعد انتشار الضوء ـ المقصود هنا هو مقارنة أقامها رياضياً بين نموذج ميكانيكي لحركة كرة صلبة ترمى على حاجز وبين حركة الضوء(٤٧) ـ كما أوصل، من ناحية أخرى، إلى العمل هندسياً في جميع الحالات وبواسطة الملاحظة الاختبارية. ولم يعد لعلم المناظر ذلك المعنى الذي عرف به منذ وقت قريب، وهو علم هندسة الإدراك البصري. فقد بات يشتمل من الآن وصاعداً على قسمين هما: نظرية للرؤية مقرونة بفيزيولوجيا العين وبسيكولوجيا الإدراك، ونظرية للضوء يرتبط بها علم المناظر الهندسي وعلم المناظر الفيزيائي، ومما لا شك فيه أنه لا تزال توجد هنا آثار من علم المناظر القديم، منها على سبيل المثال بقاء المصطلحات القديمة وكذلك وجود نزعة، أبرزها مصطفى نظيف(٤٨)، تتمثل في طرح المسألة بالنسبة إلى الرؤية، من دون أن يكون ذلك ضرورياً في الحقيقة. لكن يجب ألا تخدعنا هذه البقايا لأنه لم يعد لها الوقع نفسه ولا المعنى نفسه. إن تنظيم **كتاب المناظر** بات يَعكس الوضع الجديد. ففيه نجد فصولاً مخصصة بأكملها لانتشار الضوء (كالفصل الثالث من المقالة الأولى والمقالات ابتداء من الرابعة وصولاً إلى السابعة). وتعالج فصول أخرى الرؤية والمسائل المتعلقة بها. وقد توصل هذا الإصلاح، من بين ما توصل إليه، إلى إبراز مسائل جديدة لم تُطرح أبداً من قبل كمسألة (Alhazen) (الإسم اللاتيني لابن الهيثم) الشهيرة في الانعكاس وتفحص العدسة الكروية، والكاسر الكروي، ليس فقط كحراقات، بل كأجهزة بصرية في علم انكسار الضوء؛ كما توصل الإصلاح إلى المراقبة التجريبية ليس كتطبيق للتقصي فحسب، بل كمعيار للبرهان في علم البصريات أيضاً، وبشكل أعم في الفيزياء.

ولنتبع الآن تحقيق هذا الإصلاح في **كتاب المناظر** وفي بقية المقالات. يبدأ هذا الكتاب برفض وبإعادة للصياغة. يرفض ابن الهيثم على الفور جميع أشكال مذهب الشعاع البصري ليقف إلى جانب الفلاسفة المدافعين عن المذهب الإدخالي لأشكال المرئيات. لكن اختلافاً رئيساً يبقى بينه وبين هؤلاء الفلاسفة، كمعاصره ابن سينا: فابن الهيثم لا يعتبر أن الأشكال التي تراها العين هي «كليات» تنبعث من الجسم المرئي تحت تأثير الضوء، بل

---

(٤٦) انظر: Roshdi Rashed: «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 6, no. 4 (1969-1970), pp. 271-298, et «Lumière et vision: L'Application des mathématiques dans l'optique d'Ibn al-Haytham,» dans: René Taton, ed., *Roemer et la vitesse de la lumière* (Paris: Vrin, 1978), pp. 19-44.

(٤٧) Rashed, «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham,» pp. 281 et sqq.

(٤٨) انظر مثلاً: مصطفى نظيف، **الحسن بن الهيثم: بحوثه وكشوفه البصرية**، جامعة فؤاد الأول، كلية الهندسة؛ المؤلف رقم ٣، ٢ ج (القاهرة: مطبعة نوري، ١٩٤٢ ـ ١٩٤٣)، ص ٧٦٣.

يعتبرها أشكالاً قابلة للتحليل إلى عناصرها، أي أن هناك شعاعاً ينبعث من كل نقطة من الجسم المرئي نحو العين. وأصبحت هذه الأخيرة من دون روح، فهي أداة بصرية بسيطة. فالمسألة بأكملها، إذن، هي في تفسير الطريقة التي تسمح للعين برؤية الجسم المرئي بواسطة هذه الأشعة المنبعثة من كل نقطة من الجسم.

يخصص ابن الهيثم، بعد فصل تمهيدي قصير، فصلين متتاليين هما الثاني والثالث من **كتاب المناظر** لإرساء قواعد نظريته الجديدة. ويحدد في أحد هذين الفصلين شروط إمكانية الرؤية، في حين يحدد في الآخر شروط إمكانية الضوء وانتشاره. تبدو هذه الشروط في كلتا الحالتين كمفاهيم تجريبية، أي أنها ناتجة عن الملاحظة المنظمة والاختبار المراقَب، والشروط هذه هي ضوابط لإعداد نظرية الرؤية، وبالتالي لتأسيس نمط جديد في علم المناظر.

إن شروط الرؤية التي أحصاها ابنُ الهيثم ستة:

أ وب ـ يجب أن يكون الجسم المرئي مضيئاً بنفسه أو مضاء بمصدر ضوئي آخر.

ج ـ يجب أن يكون مواجهاً للعين، أي أننا نستطيع وصل كل نقطة منه بالعين بواسطة خط مستقيم.

د ـ أن يكون الوسط الفاصل بينه وبين العين شفافاً، من دون أن يعترضه أي عائق أكمد.

هـ ـ يجب أن يكون الجسم المرئي أكثر كمدة من هذا الوسط.

و ـ يجب أن يكون ذا حجم مناسب لدرجة الإبصار[٤٩].

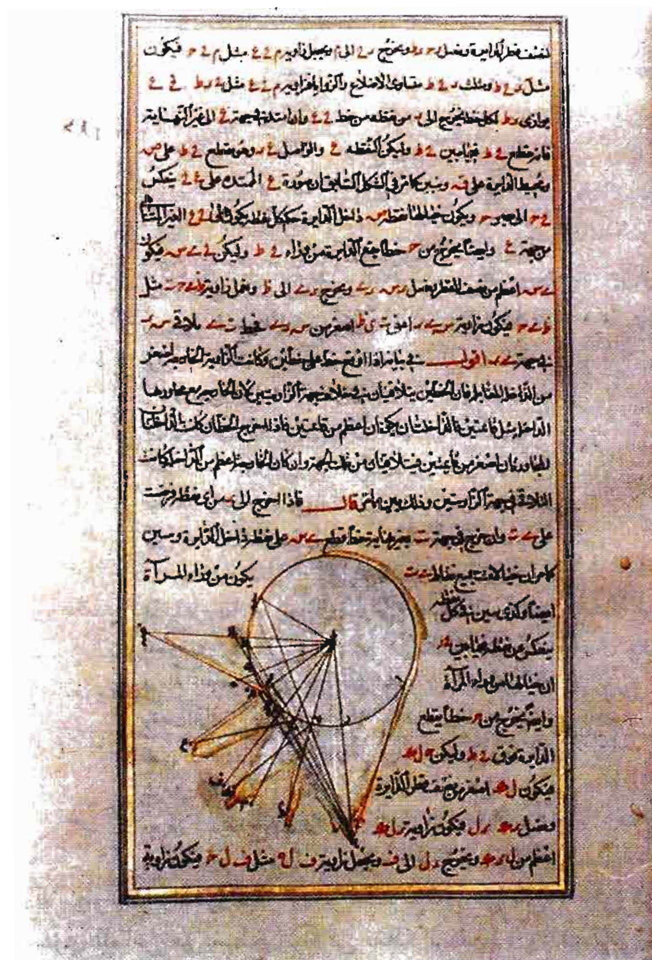
ويكتب ابن الهيثم ما معناه أن عدم توفر هذه الشروط يجعل الرؤية غير ممكنة.

نلاحظ، إذن، أن هذه الشروط لا تعود، كما هو الحال في علم المناظر القديم، إلى شروط الضوء وانتشاره. ومن أهم هذه الشروط القديمة التي وضعها ابن الهيثم ما يلي: يوجد الضوء بشكل مستقل عن الرؤية وخارجاً عنها؛ يتحرك الضوء بسرعة كبيرة جداً ولكنها ليست لحظية وفجائية؛ ويفقد من شدة وهجه بقدر ما يبتعد عن المصدر؛ إن ضوء المصدر جوهري ـ وضوء الجسم المضاء ثانوي أو عابر ـ وكلاهما ينتشران على الأجسام المحيطة بهما، ويدخلان الأوساط الشفافة، وينيران الأجسام الكمداء التي، بدورها، ترسل الضوء؛ وينتشر الضوء من كل نقطة من الجسم المضيء أو المضاء تبعاً لخطوط مستقيمة في الأوساط الشفافة وفي جميع الاتجاهات؛ هذه الخطوط الوهمية التي بموجبها تنتشر الأضواء تشكل معها الشعاعات؛ وتكون هذه الخطوط متوازية أو متقاطعة، ولا تندمج الأضواء في

---

(٤٩) أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **كتاب المناظر**، تحقيق ونشر علي أ. صبرا (الكويت: معهد المخطوطات العربية، ١٩٨٣)، المقالات الأولى ـ الثالثة، ص ١٨٩.

أي من الحالتين؛ وتنتشر الأضواء المنعكسة أو المنكسرة وفق خطوط مستقيمة في اتجاهات معينة. ونستطيع أن نرى بسهولة من أنّ أياً من هذه المفاهيم لا يرتبط بالرؤية.



الصورة رقم (١٩ ـ ٢)

كمال الدين الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**

(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٢٥٩٨).

بحث ابن الهيثم في المقالة السادسة من كتاب المناظر في انخداع البصر نتيجة لعملية الانعكاس، كما أنه بحث في أخطاء البصر التي تحصل في المرايا المسطحة وفي المرايا الكروية والمرايا الاسطوانية والمرايا المخروطية من محدبة ومقعرة.

وهذه الصورة تبين حالة المرايا الكروية المقعرة، كما لخصها الفارسي.

ووفقاً لابن الهيثم توجد الألوان مستقلة عن الضوء في الأجسام الكمداء، ونتيجة لذلك فإن الضوء وحده المنبعث من هذه الأجسام ــ ضوء ثانوي أو عابر ــ يصحب الألوان التي تنتشر عندئذٍ حسب نفس المبادئ ونفس قوانين الضوء. وكما أوضحنا في مكان آخر، فإن مذهب الألوان هذا هو الذي فرض على ابن الهيثم تنازلات للتقليد الفلسفي، وأرغمه على الاحتفاظ بلغة «الأشكال» التي سبق أن أفرغها من محتواها عندما كان يعالج الضوء فقط.

يجب على نظرية الرؤية مستقبلاً أن تستجيب ليس فقط للشروط الستة للرؤية، بل أيضاً لشروط الضوء وانتشاره. ويخصص ابن الهيثم ما بقي من المقالة الأولى من كتاب **المناظر** والمقالتين اللتين أعقبتاها لصياغة هذه النظرية، حيث يستعيد فيزيولوجية العين وبسيكولوجية الإدراك كجزء متكامل من نظرية الإدخال الجديدة هذه. وسندرس هذه النظرية لاحقاً إذ لا نتطرق إليها هنا.

تعالج المقالات الثلاث من كتاب **المناظر** ــ من المقالة الرابعة وحتى السادسة ــ علم انعكاس الضوء. والواقع أن هذا المجال، قديم قدم علم المناظر نفسه، وقد درسه بطلميوس باستفاضة في **مناظره**، لكنه لم يكن في يوم من الأيام موضع دراسة موسعة كتلك التي قام بها ابن الهيثم. وإضافة إلى مقالاته الثلاث الضخمة في مؤلفه كتاب **المناظر**، خصص مقالات أخرى مكملة لها أثناء بحثه لمسائل تتعلق بعلم الانعكاس كمقالة المرايا المحرقة. وتتميز دراسة ابن الهيثم في الانعكاس، من بين سمات أخرى، بإدخال مفاهيم فيزيائية لتفسير مفاهيم معروفة، وفي نفس الوقت للإمساك بظواهر جديدة. وخلال هذه الدراسة يطرح ابن الهيثم على نفسه مسائل جديدة، كتلك المسألة التي تحمل تحديداً اسمه[٥٠].

لنأخذ بعض محاور بحثه هذا في الانعكاس. إنه يعطي القانون ويفسره بواسطة نموذج ميكانيكي ذكرناه سابقاً. ثم يدرس هذا القانون لمختلف المرايا: المستوية منها والكروية، والأسطوانية، والمخروطية. ويعير اهتماماً قبل كل شيء، وفي كل حالة منها، إلى تحديد المستوي المماس على سطح المرآة في نقطة السقوط، وذلك لكي يحدد المستوي المتعامد مع هذا السطح، والذي يحوي الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والناظم في هذه النقطة. هنا وكما هو الأمر في دراساته الأخرى، ولكي يتحقق من النتائج بالتجربة، نراه يصمم ويصنع جهازاً استوحاه من الجهاز الذي أعده بطلميوس لدراسة الانعكاس، لكنه جاء أكثر تعقيداً[٥١] ويناسب جميع الحالات. ويدرس ابن الهيثم أيضاً صورة

---

(٥٠) المقصود هو «مسألة ابن الهيثم» الشهيرة والتي حلّلها ببراعة مصطفى نظيف. انظر: نظيف، المصدر نفسه، ص ٤٨٧ ـ ٥٢١.

(٥١) المصدر نفسه، ص ٦٨٥ ـ ٦٩٠.

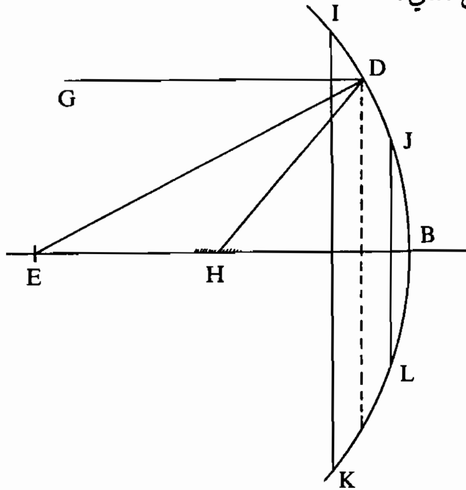


الصورة رقم (١٩ ــ ٣)
كمال الدين الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**
(طهران، مخطوطة سبهسلار، ٥٥١).

قام ابن الهيثم بعمل عدة آلات علمية لدراسة ظواهر انتشار الضوء، وذلك في المقالة الرابعة من كتابه في المناظر الذي يشرح فيه بالتفصيل كيف تعمل احدى هذه الآلات وكيف يكون استعمالها. وهذه الآلة هي كما يسميها «آلة الانعكاس» تُستخدم للتحقق من قانون الانعكاس في الأوضاع المختلفة. والجزء الأول منها ــ في أعلى الصورة ــ من نحاس، في حين أن الجزء الأسفل من خشب لدن.

الجسم وموضعها بالنسبة إلى المرايا المختلفة. ويهتم بمجموعة كبيرة من المسائل المتعلقة بتحديد زاوية السقوط لانعكاس معين مُعطى، وذلك بالنسبة إلى مختلف المرايا، وبالعكس. وطرح أيضاً، بالنسبة إلى مختلف المرايا، المسألة التي ارتبطت باسمه وهي التالية: لدينا مرآة وأمامها نقطتان، وينبغي تحديد نقطة ما على سطح هذه المرآة بحيث إن المستقيمين اللذين يصلان بين هذه النقطة والنقطتين المعطاتين سابقاً يكون أحدهما محدداً لاتجاه الشعاع الساقط والآخر لاتجاه الشعاع المنعكس. وقد توصل إلى حل هذه المسألة المعقدة[٥٢].

يتابع ابن الهيثم أبحاثه الانعكاسية في مقالات أخرى ألف بعضها بعد كتاب **المناظر** مثل **المرايا المحرقة بالدائرة**[٥٣]. ولهذه المقالة أهمية خاصة، حيث يكشف فيها عن الزيغ الكروي الطولي؛ كما يبرهن فيها الافتراض التالي:



الشكل رقم (١٩ ــ ٨)

لنأخذ على كرة ذات مركز E منطقة محددة بدائرتين ذات محور مشترك EB؛ وليكن IJ القوس المولد لهذه المنطقة، والنقطة D هي منتصفه. برهن ابن الهيثم في افتراضين سابقين أن الأشعة الساقطة الموازية للمحور EB تنعكس على كل دائرة لتمر بعد الانعكاس في نقطة من المحور، وكل دائرة تملك نقطة خاصة بها على المحور. ويبرهن هنا أن جميع الأشعة، المنعكسة على المنطقة المذكورة سابقاً من الكرة، تتلاقى على المقطع المحدد على الشكل التالي: إذا كان GD الشعاع الساقط الوسطي للمنطقة، نقرن النقطة H بالنقطة D، ويكون المقطع على جانبي H. ويتعلق طول هذا المقطع بالقوس IJ (الشكل رقم (١٩ ــ ٨)).

يخصص ابن الهيثم المقالة السابعة والأخيرة من كتاب **المناظر** للانكسار. وكما فعل في دراسته للانعكاس، فإنه يُدخل في هذه المقالة عناصر تفسير فيزيائي ــ ميكانيكي ــ لعملية الانكسار. ثم يختم مقالته هذه برسائل مثل **الكرة المحرقة** و**مقالة في الضوء**، حيث يعود إلى

---

(٥٢) المقصود هو «مسألة ابن الهيثم». انظر: الهامش رقم (٥٠) السابق.

(٥٣) **المرايا المحرقة بالدائرة**، المقالة الرابعة في: أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **مجموع الرسائل** (حيدر آباد: [د.ن.]، ١٩٣٨ ـ ١٩٣٩)؛ انظر أيضاً: Eilhard E. Wiedemann, «Ibn al-Haythams Schrift über die Sphärischen Hohlspiegel,» *Bibliotheca Mathematica*, 3ème série, vol. 10 (1909- 10), pp. 393-407, and H. J. J. Winter and W. Arafat, «A Discourse on the Concave Spherical Mirror by Ibn al-Haytham,» *Journal of the Royal Asiatic Society of Bengal*, 3ème série (Science), vol. 16 (1950), pp. 1-6.

مفهوم الوسط على غرار ابن سهل.

يبدأ ابن الهيثم مقالته السابعة هذه من **كتاب المناظر** بالاستناد إلى قانونين نوعيين للانكسار، وإلى عدة قواعد كمية، مثبتة كلها بالتجربة بواسطة جهاز كان قد صممه وصنعه كما فعل في حالة الانعكاس السابقة. وينص القانونان النوعيان والمعروفان من سلفيه بطلميوس وابن سهل على ما يلي:

١ ـ إن الشعاع الساقط، والشعاع المنكسر، والناظم في نقطة الانكسار تقع جميعها في المستوي نفسه؛ يقترب الشعاع المنكسر من الناظم إذا نفذ الضوء من وسط أقل كمدة إلى وسط أكثر كمدة، ويبتعد عن الناظم إذا نفذ الضوء من وسط أكثر كمدة إلى وسط أقل كمدة.

٢ ـ مبدأ رجوع الضوء العكسي (العودة المتطابقة).

ولكنه بدل أن يتابع الخطوات التي سار عليها سلفه ابن سهل بفضل اكتشافه لقانون سنيلليوس، نراه يعود إلى النسب بين الزوايا ليصوغ قواعده الكمية:

أ ـ تتغير زوايا الانحراف بشكل مباشر مع زوايا السقوط: فإذا أخذنا في الوسط n_1، $i' > i$، يكون معنا في الوسط n_2، $d' > d$ (i هي زاوية السقوط، وr هي زاوية الانكسار، وd هي زاوية الانحراف، $d = |i - r|$).

ب ـ إذا زادت زاوية السقوط بمقدار ما، فإن زاوية الانحراف تزداد بمقدار أقل: إذا كانت $i' > i$، تكون $d' > d$، ونحصل على $d' - d < i' - i$.

ج ـ تزداد زاوية الانكسار بازدياد زاوية السقوط: فإذا كانت $i < i'$، نحصل على $r' > r$.

د ـ إذا نفذ الضوء من وسط أقل غلظاً (كمدةً) إلى وسط أكثر غلظاً، $n_1 < n_2$، يكون معنا في هذه الحالة $d < \frac{i}{2}$؛ وفي الانتقال العكسي، يكون معنا $d < \frac{i+d}{2}$، ونحصل على $2i > r$.

هـ ـ يعود ابن الهيثم إلى القواعد التي صاغها ابن سهل في مقالته **البرهان على أن الفلك ليس هو في غاية الصفاء**. ويؤكد أنه إذا دخل الضوء انطلاقاً من وسط n_1، بنفس زاوية السقوط، إلى وسطين مختلفين n_2 وn_3، عندها تختلف زاوية الانحراف لكل من هذين الوسطين وذلك تبعاً لاختلاف الغلظ (الكمدة). فمثلاً، إذا كان الوسط n_3 أشد غلظاً من الوسط n_2، عندها تكون زاوية الانحراف في n_3 أكبر منها في n_2. وبالعكس، إذا كان الوسط n_1 أشد غلظاً من n_2، وإذا كان n_2 أشد غلظاً من n_3، فتكون زاوية الانحراف في n_3 أكبر منها في n_2.

وخلافاً لما اعتقده ابن الهيثم، فإن هذه القواعد الكمية ليست جميعها صالحة في كل

الأحوال[٥٤]. إلا أنها مثبتة في إطار الشروط الاختبارية التي عالجها ابن الهيثم في **كتاب المناظر**، أي في الأوساط التالية: الهواء والماء والبلور وبزوايا سقوط لا تتجاوز ٨٠ درجة.

يخصص ابن الهيثم جزءاً أساسياً من مقالته السابعة لدراسة صورة جسم ما بواسطة الانكسار، وبخاصة إذا كان السطح الفاصل بين الوسطين مستوياً أو كروياً. وخلال هذه الدراسة يتوقف عند الكاسر الكروي وعند العدسة الكروية لكي يتابع، بطريقة أو بأخرى، بحث ابن سهل، ولكن مع تعديل هذا البحث بعمق. إن دراسة الكاسر والعدسة هذه موجودة فعلاً في هذا الفصل المخصص لمسألة الصورة، وليست مفصولة عن مسألة الرؤية. وفيما يتعلق بالكاسر، فإن ابن الهيثم يميز بين حالتين للشكل، تبعاً لموقع المصدر الضوئي الذي يمثل نقطة والذي يقع على مسافة متناهية، أي تبعاً لوجوده من الجهة المقعرة أو من الجهة المحدبة لسطح الكاسر الكروي[٥٥].

ثم يدرس العدسة الكروية مولياً اهتمامه بشكل خاص للصورة التي تعطيها العدسة عن الجسم. إلا أن دراسته هذه تقتصر على حالة واحدة وهي عندما يكون الجسم والعين على نفس القطر. وبتعبير آخر، فهو يدرس من خلال عدسة كروية صورة جسم موضوع في مكان خاص على القطر الذي يمر بالعين. ومساره يذكرنا بمسار ابن سهل في دراسة العدسة محدبة الوجهين زائدية المقطع. ويأخذ ابن الهيثم كاسرين منفصلين، ويطبق عليهما النتائج التي حصل عليها سابقاً. ويستخدم خلال دراسته للعدسة الكروية الزيغ الكروي لنقطة ما على مسافة متناهية في حالة الكاسر، لكي يدرس صورة مقطع يشكل جزءاً من المقطع الذي يحدده الزيغ الكروي.

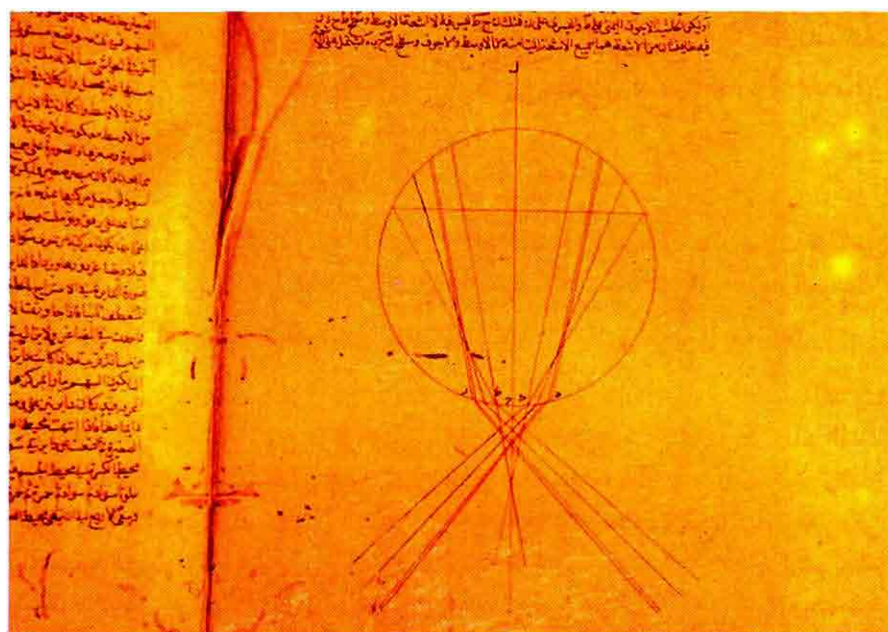
وفي مقالته **الكرة المحرقة**، التي تعتبر ذروة في البحث البصري الكلاسيكي، يوضح ابن الهيثم ويدقق بعض النتائج على العدسة الكروية التي حصل عليها في **كتاب المناظر**. ويرجع من جهة أخرى في كتابه إلى مسألة الإشعال بواسطة هذه العدسة. ففي هذه المقالة نجد أول دراسة مفصلة عن الزيغ الكروي للأشعة المتوازية والساقطة على كرة من البلور والمتعرضة لانكسارين. ويستعمل خلال دراسته هذه قيماً عددية مأخوذة من كتاب **المناظر** لبطلميوس لزاويتي السقوط ٤٠ و٥٠ درجة. ويعود إلى قيم الزوايا بدل أن يطبق قانون سنيلليوس المذكور ليفسر ظاهرة التركيز البؤري للضوء المنتشر وفق مسارات موازية لقطر الكرة.

وكما فعل ابن الهيثم في المقالة السابعة من **كتاب المناظر** أو في بعض الكتابات الأخرى حول الانكسار، فإنه يعرض في مؤلفه **الكرة المحرقة** بحثه بطريقة فيها شيء من

---

(٥٤) انظر: نظيف، المصدر نفسه، ص ٧٢٠ ـ ٧٢٣، و Roshdi Rashed, «Le Discours de la lumière d'Ibn al-Haytham (Alhazen),» *Revue d'histoire des sciences*, vol. 21 (1968), pp. 201-204.

(٥٥) انظر: Rashed, *Dioptrique et géométrie au X^e siècle: Ibn Sahl, Ibn al-Qūhī et Ibn al-Haytham*, chap. 2.



الصورة رقم (١٩ ـ ٤)

كمال الدين الفارسي، تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر

(طهران، مخطوطة سبهسلار، ٥٥١).

من بين الظواهر الضوئية المهمة التي درسها ابن الهيثم ظاهرة انعطاف الأشعة الضوئية في الكرة الشفافة. ففي مقالته عن الكرة المحرقة استطاع أن يصل إلى مفهوم الزيغ الكروي ويكتشفه. هذه الصورة تبين تلك الدراسة التي استقاها الفارسي من ابن الهيثم.

المفارقة. ففي الوقت الذي يبذل فيه عناية كبرى لاستنباط وتركيب ووصف الأجهزة التجريبية التي تعتبر متقنة بالنسبة إلى ذلك العصر والتي بإمكانها تحديد القيم العددية، نراه يتجنب، في معظم الحالات، إعطاء هذه القيم. وعندما يضطر إلى استعمال هذه القيم، كما هي الحالة في **الكرة المحرقة** فإنه يستعملها بإيجاز واحتراز. أما هذا التصرف فربما يعود لسببين على الأقل. الأول هو نمط الممارسة العلمية نفسه آنذاك، إذ يبدو أن الوصف الكمي لم يكن بعد قاعدة ضرورية. والسبب الثاني يتعلق، من دون شك، بالسبب الأول، فالأجهزة التجريبية لم تكن تعطي سوى قيم تقريبية. لذلك، استناداً إلى ما ذكرناه، كان باستطاعة ابن الهيثم أن يأخذ بعين الاعتبار القيم التي أخذها من كتاب **المناظر** لبطلميوس.

رابعاً: كمال الدين الفارسي وتطور البحث الكمي

لقد تتبعنا مع ابن سهل وابن الهيثم تاريخ البحث البصري خلال نصف قرن من الزمن. فما هو تأثير ما قام به هذان الرياضيان من أعمال، على خلفائهما من العلماء العرب؟

وما هو تأثير إصلاح ابن الهيثم بخاصة على البحث البصري اللاحق بالعربية؟

لا تسمح لنا معلوماتنا الراهنة بإعطاء الجواب الشافي على هذين السؤالين. لقد بيّنا فيما تقدّم أن كتاب ابن سهل، **الحراقات**، قد نسخه الغُندجاني الذي كان يهتم بعلم الفلك وبعلم المناظر في النصف الثاني من القرن الحادي عشر وأوائل القرن الثاني عشر، والذي شرح أعمالاً أخرى، كبحث أبي الوفاء البوزجاني في المرآة مكافئية القطع المحرقة. وفي منتصف القرن الثاني عشر نسخ قاضٍ من بغداد هو ابن المرخِّم، الذي كان يهتم بعلم المناظر، كتاب ابن سهل ومقالته **البرهانَ على أن الفلك ليس هو في غاية الصفاء**، وبالتحديد انطلاقاً من نسخة ابن الهيثم[٥٦]. إن إشارتنا إلى هذه الآثار تهدف إلى إظهار مدى خطورة الاستنتاج بأن كتابات ابن سهلٍ وابن الهيثم كانت مهملة من قبل خلفائهما (نشير إلى أن اكتشاف مقالة ابن سهل لم يمر عليه أكثر من عشر سنوات). وتجدر الاشارة من جهة أخرى إلى أن بعض مؤلفي الكتب المخصصة للتعليم وليس للبحث، كنصير الدين الطوسي (ت١٢٧٠م)، قد استمروا في شرح إقليدس.

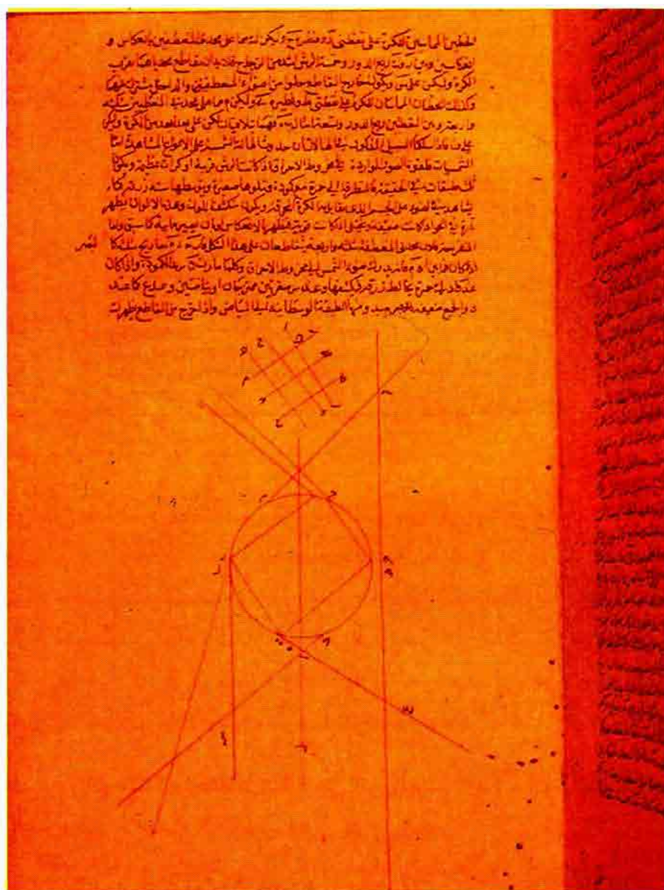
إن أول مساهمة وصلت إلينا من مدرسة ابن الهيثم تعود إلى كمال الدين الفارسي، المولود سنة ١٢٦٧م في بلاد فارس والمتوفى في ١٢ كانون الثاني / يناير ١٣١٩م. لقد كتب هذا الأخير «مراجعة» لـ **كتاب المناظر** لابن الهيثم[٥٧]، أي شرحاً تفسيرياً وناقداً أحياناً. كما فعل الشيء نفسه بالنسبة إلى مقالات أخرى للعالم نفسه ولا سيما **الكرة المحرقة** وقوس

---

(٥٦) المصدر نفسه، من ص cxxxix الى ص cxlii.

(٥٧) كمال الدين أبو الحسن الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**، ٢ج (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف، ١٣٤٧ ـ ١٣٤٨ هـ/ ١٩٢٨ ـ ١٩٣٠م).

قزح. وقد تابع الفارسي في جميع هذه الكتابات تحقيق إصلاح ابن الهيثم، وتعارض معه أحياناً، ونجح حيث فشل سلفه: كما هي الحالة في تفسير قوس قزح. والى هذا النجاح المهم ـ إذ كان أول تفسير صحيح لشكل قوس قزح ـ يضاف تقدم في فهم ظاهرة الألوان. علاوة على ذلك، استعاد الفارسي البحث الكمي الذي أطلقه ابن الهيثم، ليعطيه مدى جديداً وليوصل مشروع سلفه إلى الهدف المنشود.



الصورة رقم (١٩ ـ ٥)

كمال الدين الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**

(طهران، مخطوطة سبهسلار، ٥٥١).

نجح كمال الدين الفارسي في شرح ظاهرة قوس قزح قبل أنطوان دو دومينيس (Antoine de Dominis) وديكارت، ودرس أيضاً مسألة الهالة.

وهذه الصورة تبين «الهالة البيضاء».

وقد أعطى الفارسي في شرحه لمقالة ابن الهيثم **الكرة المحرقة** دراسة كمية بقيت لفترة طويلة من الزمن الأكثر تطوراً. لقد بحث الفارسي عن خوارزمية تستطيع، من جهة، التعبير عن الارتباط الدالي بين زوايا السقوط وزوايا الانحراف، لكي يستنتج منها بالتالي قيم الانحراف لأي سقوط ينشأ بين وسطين محددين؛ ومن جهة أخرى، فإن هذه الخوارزمية انطلاقاً من عدد صغير من قيم القياسات ـ قيمتين ـ تستطيع استكمال جميع درجات الفسحة. كانت طريقة الفارسي التالية: إنه يقسم الفسحة $[0°, 90°]$ إلى فسحتين صغيرتين، ثم يقارب الدالة $f(i) = \frac{d}{i}$ بدالة أفينية على الفسحة $[40°, 90°]$ وبدالة متعددة الحدود من الدرجة الثانية على الفسحة الباقية $[0°, 40°]$. ثم يصل ما بين الاستكمالين، فارضاً على الفرق الأول أن يكون نفسه في النقطة $i = 40°$، وبتعبير آخر، فارضاً على المنحنيين أن يكونا مماسين في هذه النقطة. ونلاحظ أن الفارسي قد استعار هذه الطريقة من الفلكيين(٥٨).

وبعد شرحه هذا حول الكرة المحرقة استعاد الفارسي تفسير قوس قزح. ولكي يُدخل المعايير الاختبارية، حيث فشل ابن الهيثم في ذلك، نراه يمتنع عن الدراسة المباشرة والكاملة للظاهرة، لكي يطبق بتأنٍّ طريقة النماذج: فالكرة الزجاجية المملوءة بالماء تمثل نموذج قطرة ماء في الجو. وبهذه المقارنة المؤكدة رياضياً استطاع الفارسي البدء بدراسة انكسارين يتخللهما انعكاس أو انعكاسان داخل الكرة ليفسر شكل القوس الرئيس والقوس الثانوي، والترتيب المعكوس للألوان في كل من هذين القوسين(٥٩).

وقد توصل الفارسي في تفسيره لألوان القوسين إلى تعديل مذهب ابن الهيثم، على الأقل في هذا الموضع. فأثناء تجربة الحجرة المظلمة استطاع أن يثبت أن حدوث وتعدد الألوان يرتبطان في الوقت نفسه بمواضع الصور وقوتها الضوئية. فبالنسبة إليه تتعلق ألوان القوس بتمازج الانعكاس والانكسار الضوئي، ويعبر عن ذلك بقوله: «التقازيح ألوان مختلفة متقاربة فيما بين الزرقة والخضرة والصفرة والحمرة والدكن تحدث من ضوء نيّر قوي واردة إلى البصر بالانعكاس والانعطاف أو بما يتركب منهما»(٦٠).

وبذلك نرى أن هنالك اختلافاً بينه وبين ابن الهيثم: فالألوان لم تعد موجودة بشكل مستقل عن الضوء في الأجسام الكامدة.

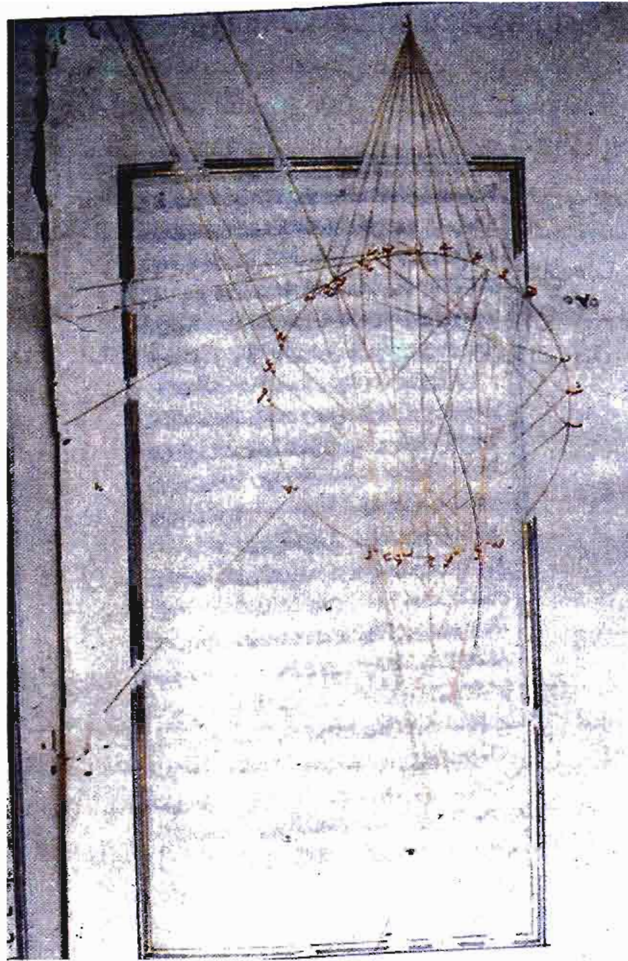
هذه هي باختصار الاتجاهات الجديدة للبحث والتي باشر بها كمال الدين الفارسي. وإلى هذه الإنجازات نضيف مجموعة من النتائج والرؤى الملائمة على امتداد «مراجعاته وشروحاته» لأعمال ابن الهيثم البصرية. فانتشار كتابه الضخم حيث يراجع ويفسر كتاب

---

(٥٨) انظر: Rashed, Ibid., pp. lx-lxviii.

(٥٩) انظر: Roshdi Rashed, «Le Modèle de la sphère transparente et l'explication de l'arc-en-ciel: Ibn al-Haytham, al-Fārisī,» *Revue d'histoire des sciences,* vol. 23 (1970), pp. 110-140.

(٦٠) الفارسي، المصدر نفسه، ج ٢، ص ٣٣٧.



الصورة رقم (١٩ ــ ٦)
كمال الدين الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**
(اسطنبول، مخطوطة آيا صوفيا، ٢٥٩٨).

عرف كمال الدين الفارسي دراسة ابن الهيثم حول انعطاف الأشعة في الكرة، وابتداء من هذا قام بدراسة انتشار الضوء في كرة زجاجية مملوءة بالماء وذلك لشرح ظاهرة لم تكن قد شرحت من قبل، وهي ظاهرة قوس قزح: تكوينه وشكله وألوانه. ولأول مرة في التاريخ يستعمل «أنموذجاً» لشرح ظاهرة علمية.

ونرى في هذه الصورة الأشعة الساقطة تباعاً على زوايا سقوط °10، °20، . . . °90. وفي هذه الدراسة يحاول الفارسي حقاً أن يضع نفسه خارج شروط تقريب «Gauss» حتى يظهر تعدد الخيالات، ولا يخفى على أحد أهمية هذه الدراسة.

المناظر لابن الهيثم، كما يشهد على ذلك عدد المخطوطات وتاريخها والمكان الموجودة فيه، وكذلك انتشار مؤلف آخر حيث يستعيد الفارسي المواضيع الرئيسة من دون برهان[٦١]، هذان الانتشاران لم يدفعا بـ **كتاب المناظر** إلى الظل، لكنهما يسمحان لنا أن نستشف أن دراسة علم المناظر لم تتوقف بعد كتابة مؤلَّف الفارسي حوالى سنة ١٣٠٠م. إلا أن الدراسة الوحيدة المتميزة بغنى المضمون، التي جاءت بعد كتاب الفارسي والتي نعرفها في هذا المجال تبقى كتاب عالم الفلك تقي الدين بن معروف، والذي أنجزه سنة ٩٨٢ هـ/ ١٥٧٤م[٦٢]. لكن ابن معروف هذا اقتصر في عمله على تلخيص كتاب الفارسي دون أن يقدم أية مساهمة خاصة به. ومع ذلك، فقد كانت استمرارية كتاب ابن الهيثم، وفي الحقبة نفسها، مؤكدة في أماكن أخرى، وفي لغات أخرى غير اللغة العربية، في أوروبا، وبخاصة باللغة اللاتينية.

---

(٦١) المقصود هو مؤلَّف كمال الدين أبو الحسن الفارسي، **البصائر في علم المناظر** (مخطوطة اسطنبول، عزت أفندي، ٢٠٠٦، سليمانية).

(٦٢) تقي الدين بن معروف، **كتاب نور حدَقات الأبصار ونور حدِقات الأنظار** (مخطوطة أوكسفورد، مكتبة بودلين، مارش ١١٩).

ـ ٢٠ ـ

نشأة علم البصريات الفيزيولوجي

غول أ. راسل(*)

«هناك أشياء كثيرة للرؤية أكثر مما يصل العين».

ن. ر. هانسون

سجل اكتشاف مونك (Munk) (١٨٣٩ ـ ١٩١٢)، الذي حدد بدقة موقع الإسقاطات انطلاقاً من الشبكية في قشرة الدماغ المخدّدة، نهاية عصر في تاريخ علم البصريات الفيزيولوجي. فقد تغيرت من جراء ذلك المهام الموكلة إلى هذا العلم، فلم يعد البحث يهدف إلى تعيين مراكز الإدراك، بل إلى تحديد طبيعة آليات الإدراك المركزية. كما لم يعد السؤال «أين» يقع في الدماغ ما يسمح لنا برؤية العالم، بل «ماذا يجري» في قشرة الدماغ البصرية[1]؟

وقد مهدت لمفهوم تنظيم مراكز الرؤية، القائم على تجميع النقاط في قشرة الدماغ، مقدمات فكرية عبر التاريخ. فقد نُسب إلى ديكارت (Descartes) (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠) إعادة تنظيم الصورة الشبكية نقطة بنقطة على امتداد المسالك المركزية. وكان يعتقد أن الجهاز البصري يبرز في الغدة الصنوبرية، تلك «الزائدة المحيرة في الدماغ»، حيث يلتقي الروح والجسد. ووراء هذا الاعتقاد يكمن مفهوم إعادة الإسقاط المركزي[2].

(*) قسم العلوم الإنسانية في الطب، جامعة «A & M»، تكساس ـ الولايات المتحدة الأمريكية.

قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

(١) انظر: Stephen Lucian Polyak, *The Vertebrate Visual System*, 3 vols. (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1957), vol. 3, especially pp. 147-152.

(٢) المصدر نفسه، مج ٢، بخاصة ص ١٠٠ ـ ١٠٤. انظر: ديكارت، «نظرية الرؤية،» في: المصدر نفسه، ص ١٥١ ـ ١٦٣.

أثبت كبلر (Képler) (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) قبل ديكارت أن صورة معكوسة تتشكل في العين بفضل الجليدية التي تركز الأشعة الضوئية الصادرة من كل نقطة جسم ما على نقطة مقابلة من الشبكية. فبعد تحرره من النظريات السابقة، وصف الشبكية كسطح في العين حساس بالنسبة إلى الضوء (على أساس علم تشريح العين وفقاً لنظرية فيليكس بلاتر (Felix Platter)، بينما كان التشديد يتم سابقاً على الجليدية. كما فصل تحليل الآليات البصرية للعين عن المسألة الشائكة التي كانت تحاول التوفيق بين الصورة الشبكية المعكوسة والفكرة عن إدراك حقيقي للعالم[٣].

تملك صياغة مفهوم الصورة المسقطة أهمية أساسية من وجهة نظر تاريخية. فقد قدمت حلاً جذرياً للمشكلة القديمة المتعلقة بإدراك العالم الخارجي بواسطة حاسة النظر. كما سجلت، بجمعها لفيزياء الضوء وعلم تشريح العين، بداية علم البصريات الفيزيولوجي. إن ظهور هذا العلم في الحضارة الإسلامية سيعالَج تبعاً للفئات التالية:

أولاً: نظريات الرؤية ما قبل علم البصريات، وهي النظريات الموروثة عن العلوم اليونانية ـ الهلينستية؛

ثانياً: ظهور عناصر جديدة من خلال نقد هذه النظريات؛

ثالثاً: الابتعاد عن المقاربة التقليدية من خلال إعداد نظرية عن تطابق نقاط الصورة العينية ومن خلال وضع تركيبٍ لعلم البصريات وعلم التشريح[٤].

أولاً: نظريات الرؤية ما قبل علم البصريات

تأثر التصور اليوناني عن الرؤية بالتصور عن اللمس، الذي بموجبه ترتبط المعرفة الحاسية كلياً بتماس فيزيائي بين الجسم وجسد المراقب. إن «الإحساس» اللمسي بشيء ما، يعود إلى إقامة تماس ميكانيكي مع الأشكال المختلفة من الأسطح، حيث يحدد هذا التماس إحساسنا بالرطوبة، أو بالقساوة أو بالرخاوة. وبمجرد حصول التماس بين الجسم والجلد،

---

(٣) انظر: Johannes Képler, «De Modo Visionis,» traduit par A. C. Crombie, dans: *Mélanges Alexandre Koyré*, histoire de la pensée; 12-13, 2 vols. (Paris: Hermann, 1964), vol. 1: *L'Aventure de la science*, pp. 135-172; David C. Lindberg, «Johannes Kepler and the Theory of the Retinal Image,» in: David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler* (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1976), pp. 193-205.

(٤) بسيكولوجية الإدراك هي خارج موضوع هذه المقالة، وتستأهل دراسة على حدة. انظر: Gary C. Hatfield and William Epstein, «The Sensory Core and the Medieval Foundations of Early Modern Perceptual Theory,» *Isis*, vol. 70, no. 253 (September 1979), pp. 363-384.

يكون الإدراك الحاسي (الشعور اللمسي) فورياً وكاملاً في آن معاً[٥].

وبالمقارنة مع اللمس، فقد تم تحديد كيفية التماس بين عين المراقب والجسم بشكل سيئ. وقد كانت المسألة الأساسية، بالنسبة إلى اليونانيين، تتمثل في تحديد كيفية قدرة العين على إقامة تماس مع الجسم عن بعد، مع الأخذ بعين الاعتبار فقدان التواصل الفيزيائي الظاهر. لذلك كان الاستنتاج البدهي أن الرؤية تعمل باستخدام طريقة تماس غير مباشر مع الجسم من خلال عامل وسيط آخر.

وبالتالي، فقد بدت النظريات اليونانية كسلسلة من المحاولات لاكتشاف وسائل التماس بين عين المراقب والجسم المرئي، وذلك باستخدام التماثل مع حاسة اللمس. إن الإمكانيات المنطقية المأخوذة بعين الاعتبار تفرض وساطة: ١ ـ ردٌ ينقذف من الجسم نحو العين؛ ٢ ـ قدرة بصرية خفية أو شعاع يُقذف من العين نحو الجسم. وكما هو الأمر بالنسبة إلى اللمس، كان الإدراك البصري نتيجة فورية لأحد شكلي التماس[٦].

١ ـ نظرية نسخة الجسم: نظرية «إيدولا» (Eidola)

تقول النظرية التي طورها الذريون وبالأخص إبيقور (Epicure) (حوالى ٣٤١ ـ ٢٧٠ ق.م) إن الأجسام تبث بشكل متواصل ردودها في جميع الاتجاهات. وتقطع هذه الردود الهواء بخط مستقيم، في تكتلات أو تجمعات متماسكة من الذرات، محافظة على الاتجاه والشكل واللون الذي كانت تملكه على الجسم الصادرة عنه. وتدخل هذه الأغشية الدقيقة (المسماة إيدولا) عين المراقب. وبذلك تعود المعرفة أو الإحساس البصري إلى هذا التماس غير المباشر مع إيدولا متلاحقة تواكب كل الخصائص المرئية للجسم[٧].

(٥) بالنسبة إلى أرسطو، تأخذ حاسة اللمس اسمها من واقع أنها تعمل بالتماس المباشر، انظر: (435a 17-18) *De anima*؛ لمناقشة حول معيار التماس، انظر:
Richard Sorabji, «Aristotle on Demarcating the Five Senses,» in: Jonathan Barnes, Malcolm Schofield and Richard Sorabji, eds., *Articles on Aristotle,* 4 vols. (London: Duckworth, 1975-1979), vol. 4: *Psychology and Aesthetics*, especially pp. 85-92.

(٦) لمناقشة حول نظريات الرؤية في العصور القديمة ومراجع مفصلة، انظر: Alistair Cameron Crombie: *The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967), pp. 3-16; réed de «Proc. of the Royal Microscopical Soc», and «Early Concepts of the Senses and the Mind,» *Scientific American,* vol. 210, no. 5 (May 1964), pp. 108-116, and Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 1-18.

(٧) لمناقشة حول الايدولا (eidola)، انظر: Edward N. Lee, «The Sense of an Object: Epicurus =

٢ ـ نظرية البث: عصا الأعمى

أ ـ الشعاع البصري

إن الموقف التصوري البديل عن نظرية الجسم يطرح مسلّمة تقول إن العين تبث أشعة غير مرئية تدخل في تماس مع الجسم، محدثة الإحساس البصري. وكان يُفترض بداهة أن الأشعة لا تقطع الفضاء إلا بخطوط مستقيمة تنتشر بشكل مخروط رؤية هندسي، يمتد انطلاقاً من العين إلى اللانهائي، بحيث يقع رأس المخروط في العين. وبمقدار ما تبتعد زاوية النظر، تكبر مساحة قاعدة المخروط بشكل مطابق. وبكلمات أخرى، كلما ازدادت المسافة التي تقطعها الأشعة البصرية، اتسع سطح حقل الرؤية. وتعمل هذه الرؤية عندما تلتقي الأشعة بجسم داخل حدود المخروط[٨].

يشكل الشعاع البصري، إذن، الوسيلة غير المباشرة التي تؤمن التماس بين العين والأجسام المرئية. وهناك تشابه ضمني لهذه النظرية، على الرغم من أنه لم يكن مبيّناً بوضوح، يتمثل في ذلك الأعمى الذي يستخدم عصا بمثابة امتداد لمسي له، ليشعر بالأشياء الواقعة خارج متناول يده[٩]. وفي الواقع، ان صورة الأعمى الذي يحمل حزمة عصي متجهة إلى الأمام، كأسلاك مظلة، تشكل استعارة أكثر دقة.

دعّمت هندسة إقليدس (Euclide) (حوالى العام ٣٠٠ ق.م.) هذا التصور بقوة. ثم تم تطويره بشكل خاص بواسطة علم البصريات الاختباري لبطلميوس (Ptolémée) (حوالى ١٢٧ ـ ١٤٨م)، حيث إن المخروط الإقليدسي بخطوط هندسية منفصلة يكتسب حقيقة فيزيائية بشكل حزمة متواصلة من الإشعاعات[١٠]. فمن خلال دمج المفهوم النظري للشعاع

---

on Seeing and Hearing,» in: Peter K. Machamer and Robert C. Turnbull, eds., *Studies in Perception: Interrelations in the History of Philosophy of Science* (Columbus, Ohio: [n. pb.], 1978), vol. 2, pp. 27-59. =

(٨) حول *Définitions* لإقليدس (١ ـ ٧) والقضايا الأولى ـ الثامنة، التي تثير بوضوح تحليلاً هندسياً للرؤية بالاستناد إلى مخروط منظوري، انظر: Morris Raphael Cohen and I. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science,* Source Books in the History of Science (Cambridge, Mass.: Harvard University, 1948), pp. 257-258.

(٩) على رغم أن الرواقيين استخدموا بوضوح التشابه مع «عصا الأعمى»، إلا أن أحد تلامذة إقليدس، الفلكي الرياضي هيباركوس، عبّر عن فكرة الامتداد اللمسي بوضوح عندما قارن الأشعة البصرية بأيد تمتد نحو الجسم. انظر: D. E. Hahm, «Early Hellenistic Theories of Vision and the Perception of Color,» in: Machamer and Turnbull, eds., Ibid., vol. 3, p. 79.

(١٠) حول نظريات إقليدس وبطلميوس فيما يخص الأشعة البصرية، انظر: Albert Lejeune, *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque,* université de Louvain, recueil de =

اللمسي / البصري مع النظام الاستدلالي الصارم للهندسة، تستطيع هذه النظرية في آن معاً تحديد وتعليل مسائل كانت غير قابلة للشرح بشكل آخر. فعلى سبيل المثال، لو أخذنا زاوية الرؤية في رأس المخروط، لكان ممكناً شرح إدراك القياس تبعاً إلى بعد الأجسام، وبالتالي تجنب معضلة الذريين الذين اصطدموا بمسألة رؤية الجبل (حتى ولو كان باستطاعتنا التصور أن شكل جسم بقياسات كبيرة للغاية، يضيق بمقدارٍ كافٍ لكي يمر عبر الفتحة الصغيرة للعين، فكيف إذن يستطيع الشكل أن يحافظ على المعلومات عن قياسه الأول؟). غير أن القيمة الصغيرة لزاوية الرؤية تبين أهمية المسافة الفاصلة بين الجبل والمكان الذي يتم إدراكه منه(١١).

علاوة على ذلك، وبما أن خيوطاً مفتولة غير مرئية يُفترض بها أن تقطع المسافة بين العين والجسم المرئي بخط مستقيم، تماماً مثل مسار السهم، لذلك فقد تم وصف طريقة انتشارها وفقاً لقوانين الانحراف باستعمال تشابيه ميكانيكية، ووفقاً لعلم المرايا (علم انعكاس الضوء)(١٢). فكان الاعتبار أن الأشعة البصرية ترتد على جميع الأسطح المصقولة، أي على الأسطح الكثيفة غير المسامية، بالطريقة نفسها التي ينحرف فيها السهم بسبب درع برونزي. وقد قدم هذا الاعتبار الأساس الذي يسمح بشرح كيف أن الأجسام يمكن أن تكون مرئية بالانعكاس بفضل المرايا. والمبدأ العملي يقوم على تساوي زوايا السقوط والانحراف أو الارتداد(١٣). فعندما ننظر مثلاً في مرآة موضوعة في زاوية حادة، بالنسبة إلى اتجاه النظر، نرى الأشياء الواقعة على جانبنا. في حين عندما نمسك المرآة في زاوية قائمة بالنسبة إلينا، نرى أنفسنا. وقد تم شرح هذا الأمر انطلاقاً من انحراف الشعاع اللمسي ـ البصري في المرآة. بما أن زاوية الارتداد مساوية لزاوية السقوط، فإن الشعاع

---

travaux d'histoire et de philologie; 3. sér., 31-fasc. (Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux = du «Recueil», 1948).

والنشرة النقدية، في: Albert Lejeune, ed., *L'Optique de Claude Ptolémée dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*, université de Louvain, recueil de travaux d'histoire et de philologie; 4. sér., fasc. 8 (Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux du «Receuil», 1956).

وللملخص لها مع مراجع، انظر: David C. Lindberg, «The Mathematicians: Euclid, Hero, and Ptolemy,» in: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 11-18.

(١١) بخصوص نقد لنظريات الإدخال فيما يتعلق بمسألة القياس، انظر: Galenus, *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, édité et traduit par P. de Lacy, Corpus Græcorum Medicorum; VII (Berlin: Akademie Verlag, 1978), VII, 5.2-5; 7-8.

(١٢) فيما يتعلق بالانعكاس في المرايا، انظر: Hero, *«Catoptrics,»* 1-7, 10, 15, and Ptolemy, *«Optics,»* III, in: Cohen and Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, pp. 261-271.

(١٣) لمقارنة بين الرؤية والانحراف الميكانيكي، انظر: «*Problémato* des Péripatéticiens,» XVI, 13, 915b, in: Carl Benjamin Boyer, «Aristotelian References to the Law of Reflection,» *Isis*, vol. 36, no. 104 (1945-1946), p. 94.

يدخل في تماس مع الأجسام الموجودة على جانب المراقب. فالأمر يكون كما لو أن عصا الأعمى منحنية بزاوية حادة، من دون أن يعي الأعمى هذا الانحناء. وبمواجهته بشكل مباشر للمرآة، يرتد الشعاع البصري ويلمس وجه المراقب نفسه، وفي هذه الحالة تكون عصا الأعمى مطوية على نفسها. وعلى الرغم من القدرة المدهشة لهذه النظرية على معالجة مسائل مثل الانعكاس والقياس والمسافة، إلا أنها تبقى مع ذلك محدودة جداً. فالأشعة البصرية تصاب حتماً بالضعف مع اتساع المسافة، فكيف يتسنى لها أن تعانق السماوات بأسرها لتصل إلى النجوم؟ هذا السؤال بقي واحداً من أمهات مسائل النظرية[١٤].

ب ـ التغييرات حول الأشعة البصرية: أفلاطون والرواقيون

وفق النظرية الأولى لأفلاطون (حوالى ٤٢٧ ـ ٣٤٧ ق.م) يندمج البث الصادر عن العين، والذي كان يصور كنار داخلية، مع الضوء الخارجي المحيط ليشكل وسيطاً بين العين والجسم. وتتم الرؤية عندما يدخل هذا الاندماج بين «النار» البصرية وضوء النهار، والذي يشكل عنصراً بسيطاً متجانساً، في تماس مع إشراق جسم ما[١٥]. إن الانصهار الحاصل بين الضوء البصري وضوء النهار هو الذي يحل مكان عصا الأعمى في نظرية أفلاطون. بالإضافة إلى ذلك، لا يحصل التماس البصري بين العصا والجسم نفسه، بل يحصل بين العصا والإشراق الصادر عن الجسم، والإشراق هذا ليس إيدولوناً (Eidelon)، بل لون[١٦]. وقد اكتسب موقف أفلاطون قدرة تصورية إضافية بتقديمه شرحاً لواقع أن الرؤية لا يمكن أن تعمل إلا بوجود ضوء، وذلك على الرغم من الطبيعة اللمسية للتماس بين العين والجسم. ويستطيع هذا الموقف أن يعرض بنجاح مسألة إدراك الأجسام البعيدة من دون اللجوء إلى مفهوم غير مستساغ عن الأشعة القابلة للامتداد حتى اللانهاية.

أما الرواقيون فقد أدخلوا إلى النظريات اللمسية جوهراً فيزيولوجياً مع مفهوم بنوما (pneuma). ففي البدء تم تصور البنوما كمزيج من الهواء والنار، وبعد ذلك تم ربطها بأمزجة الجسم. وبوجود الضوء، تحث بنوما معينة عمود الهواء الواقع بين العين والجسم

---

(١٤) كمثال على هذا النقد، انظر: Galenus, Ibid., VII, 5.2-6.

(١٥) بخصوص نقاش لأفلاطون حول الرؤية في حواره، في: Platon: *Timée,* 45 b-d, traduction française (Paris: Les Belles lettres, 1925), p. 162, et *Théétète,* 156 d-e, traduction française (Paris: Les Belles lettres, 1924), p. 178,

انظر: Crombie, *The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope,* pp. 6-7, note (9), and Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* pp. 5-6.

(١٦) نوقش أيضاً الأساس اللمسي لنظرية البث لأفلاطون على يد: Hahm, «Early Hellenistic Theories of Vision and the Perception of Color,» pp. 71-75.

بدفعه إلى التوتر كعصا. وكان الرواقيون يعتبرون أن الهواء غير المضاء هو على درجة من الرخاوة، بحيث إنه لا يستطيع أن يتوتر تحت تأثير البنوما، ولا يقدر حتى على الاستجابة للضغط. وبهذه الطريقة، يشكل الهواء المتوتر بتأثير البنوما مخروطاً يقع رأسه في العين. ويتم إدراك الأجسام المرئية الواقعة في حقل قاعدة المخروط، وتُنقل إلى العين بواسطة ساق من الهواء المضغوط. وهذه العملية مماثلة للطريقة التي يستعمل فيها الأعمى عصاه ليشعر بالأجسام الواقعة خارج متناول يده(١٧). كما قارن الرواقيون أيضاً الرؤية، بواسطة اللمس، بصدمة تحدثها سمكة مكهربة، تنتقل من خلال الشبكة والعصا إلى يدي الصياد(١٨).

إن الضوء، وفقاً لهذه النظريات، هو الذي يسمح بإقامة صلة أو تماس لمسي بين العين والجسم. فمن دون ضوء لا تستطيع القدرة البصرية (سواء أكانت شعاعاً أو بنوما) أن تشد الهواء. وهكذا، فإن التماس في الظلام مستحيل، لأن الهواء يبطل استخدامه «كعصا» تسمح بلمس الجسم. ولدفع التشابه إلى الأمام، يبدو الأمر في هذه الحالة وكأن عصا الأعمى قد فقدت صلابتها.

ج ـ التركيب الجالينوسي

تظهر للمرة الأولى مع جالينوس (Galien) (حوالى ١٢٩ ـ ١٩٩/ ٢٠٠م) مقاربة طبية بحتة للرؤية، إذ أدخلت نظريته الانتقائية إلى هندسة المخروط المنظوري تشديداً واضحاً على علم تشريح العين(١٩). وقد أعطت النظرية الرواقية، حيث تشكل البنوما فيها عاملاً أساسياً في الرؤية، جالينوس وسيلة مثالية لاستخدام معرفته العميقة للعين. فبالنسبة إليه، تأخذ البنوما مصدرها في التجاويف الدماغية وتنتقل بدفق ثابت نحو العينين عن طريق الأعصاب البصرية، التي كانت تعتبر مجوفة. وفي العينين تملأ البنوما الجليدية، التي اعتبرها جالينوس العضو الرئيس للرؤية. وقد دعم هذه الفكرة بفضل معرفته لتأثير إعتام العين. وكان الاعتقاد السائد أن الإعتام يظهر بين الجليدية والقرنية، حاجباً بذلك الرؤية. وبما أن استئصاله يعيد الرؤية، فقد كان الاعتقاد أنه يمنع مرور البنوما عبر البؤبؤ بين رطوبة

---

(١٧) انظر: «Diogène Laerce,» VII, p. 157,

نقلاً عن: Crombie, Ibid., p. 8, note (11).

بخصوص أعمال الرواقيين، انظر: Samuel Sambursky, *Physics of the Stoics* (London: Routledge and Kegan Paul, 1959) pp. 21-29 and 124, and especially Hahm, Ibid., pp. 65-69.

(١٨) Hahm, Ibid., p. 85.

(١٩) Galenus: *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium,* translated by M. T. May, 2 vols., II (Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1968), X, 1, pp. 463-464, and *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, 6, pp. 28-29.

الجليدية والهواء الخارجي[٢٠].

لم يكن ضرورياً في نظرية جالينوس أن تُقذف البنوما بعيداً أمام العين، فبمجرد حدوث التماس بينها وبين الهواء، يتبدل هذا الأخير فوراً (بوجود الضوء) ليصبح امتداداً حاسياً مباشراً لجهاز الرؤية. ومن وجهة نظر هندسية، يتشكل مخروط من الحساسية، مؤلف من خطوط بصرية تمتد من رأس المخروط الواقع في البؤبؤ وصولاً إلى الأجسام المرئية عن بعد. وبالنسبة إلى جالينوس، لا يستبدل الهواء المضغوط بعصا الأعمى، بل يصبح بديلاً عن ذراع الأعمى نفسها، كنوع من عضو غير مرئي[٢١].

ويتم الإدراك عندما تلتقي قاعدة المخروط بجسم مرئي. إلا أن جالينوس أظهر أيضاً أن الانطباعات ترجع إلى رطوبة الجليدية التي تعتبر العضو الرئيس للنظر، ثم تنتقل عن طريق الشبكية والأعصاب البصرية «الجوفاء» لتصل إلى الدماغ، الحصن الأخير للإحساس والإدراك[٢٢].

٣ ـ نظريات الانتقال

ظهرت فيما بعد سلسلة نظريات، أخذت تبتعد تدريجاً عن النظريات اللمسية. وللوهلة الأولى، لا يبدو مسار أرسطو (Aristote) (٣٨٣ ـ ٣٢٢ ق.م) لمسياً. فبالنسبة إليه، لا تدخل العين بفعلها الخاص في تماس مع الأجسام المرئية، أي بإرسال شعاع لمسي أو بنوما. كما لا تستقبل أيضاً نسخات عن الأجسام بأشكال أغشية مثل إيدولا بل تمثل الرؤية، مثل أي إحساس آخر، عملية سلبية[٢٣]. فما تستقبله أعضاء الحواس هو شكل

---

(٢٠) Galenus: *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium*, II, X, pp. 463-503, and *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, 3.10-6, 4.17.

لدراسة كاملة عن جالينوس نسبة إلى أسلافه وحول أهمية تشريحه، انظر:

Rudolph E. Siegel, *Galen on Sense Perception* (Basel; New York: Karger, 1970);

فيما يتعلق بنظرية جالينوس كتركيب يجمع أفلاطون وأرسطو والرواقيين، انظر: Harold Cherniss, «Galen and Posidonius' Theory of Vision,» *American Journal of Philology*, vol. 54 (1933), pp. 154-161.

(٢١) بخصوص نقاش لتشابه «العصا التي تسير» بالنسبة إلى العصب في أعمال جالينوس، انظر:

Galenus, *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, 5.5-11, 5.40-41; 7.16-8.22.

(٢٢) بخصوص نقاش لهاتين وجهتي النظر عند جالينوس، انظر النقد من قبل روبرت ج. ريتشاردس (Robert J. Richards) لكتاب: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, في: Journal of the History of Behavioural Sciences, vol. 15 (1979), pp. 378-382.

(٢٣) بخصوص تحديد للإحساس عند أرسطو، انظر: Charles H. Kahn, «Sensation and =

الجسم المرئي دون المادة التي تشكله، بالطريقة نفسها التي ينطبع فيها الشمع بشكل خاتم، دون أن يحتفظ منه بالمعدن. إلا أن كل جهاز حاسي يتأثر بالانطباعات الصادرة عن الأجسام والموافقة أو المختصة به. وفي تجربة الإدراك فقط تصبح العين، القادرة على الرؤية بالقوة، عضواً حاسياً حقيقياً[٢٤].

يكتفي أرسطو في وصفه للحواس بتحديد الشروط الضرورية للتجربة البصرية. فقبل كل شيء، يحدد بدقة أن الخاصة الأساسية لجسم مرئي هي اللون، فهو صنف يُدرج فيه أرسطو قوة الضوء والظلمة، وبواسطة هذا الصنف يمكن للخصائص المرئية أن تدرَك. ثم يضع بعد ذلك الشفافية، كشرط أول لانتقال خصائص الجسم إلى العين. وهكذا، لكي تعمل الرؤية، إذن، يجب أن يكون الجسم المتمتع بلون ما، منفصلاً عن العينين بوسط شفاف. وما يسبب الشفافية هذه هو الضوء. وبالنسبة إليه، فليس الضوء جوهراً مادياً ولا حركة. إنه حالة شفافية الوسط (الهواء) الذي من خلاله يمكن للألوان أن تتم رؤيتها عن بعد. وبسبب شفافيتها أيضاً، تستطيع الأعين (أو «الهلام البصري») في آن واحد أن تنطبع بالألوان. وكمثل الخاتم، فإن جسماً أخضر يلون العين بالأخضر[٢٥]. ونشير إلى أنه لم يتم تقديم أي شرح لهذه العملية ولا لما يجري داخل العين[٢٦].

شكلت أفكار أرسطو لاحقاً نواة للحجج ضد المقاربة اللمسية للرؤية. وعلى الرغم

= Consciousness in Aristotle's Psychology,» in: Barnes, Schofield, and Sorabji, *Articles on Aristotle,* vol. 4: *Psychology and Aesthetics*, especially pp. 3-5.

(٢٤) انظر: *De anima*, II, 6, 12, translated by R. D. Hicks, in: Cohen and Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, pp. 542-543.

(٢٥) لإيضاحات حول تعريف أرسطو للرؤية بالعلاقة مع الأجسام المرئية، انظر:

Sorabji, «Aristotle on Demarcating the Five Senses,» pp. 76-99 and especially pp. 77-85.

(٢٦) كان جالينوس واعياً تماماً لواقع أن أرسطو لم يطور نظرية عن الرؤية، تسمح بتفسير «كيف نميز وضع، قياس أو بعد كل جسم مرئي»، انظر: Galenus, *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon*), VII, 7.4-15.

وهو في الواقع يعتمد نبرة لاذعة عندما ينتقد أرسطو لاستخدامه أشعة مبثوثة، وذلك في دراسته عن «أشياء مرئية من خلال المرايا». انظر: Galenus, Ibid., VII, 7.10-16.

بخصوص حسابات أرسطو بصدد الشعاع البصري في: Aristoteles, *Les Météorologiques,* traduction par J. Tricot (Paris: J. Vrin, 1941); english translation by C. Petraitis, *The Arabic Version of Aristotle's Meteorology*, a critical edition with an introduction and greek - arabic glossaries, université Saint Joseph, institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1: Pensée arabe et musulmane; t. 39 (Beyrouth: Dar El-Machreq, 1967),

وبالتناقض مع تصوراته، في *De anima* وفي *De sensu*، انظر: Boyer, «Aristotelian References to the Law of Reflection,» pp. 94-95, and Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* p. 217, note (39).

من أن مفهوم البث انطلاقاً من العين هو نفسه قابل للنقد، إلا أن الإنجازات المدهشة التي حققتها نظريات البث في حل مسائل الانعكاس وإدراك المسافة والقياس والوضع، ليست قابلة للنقد بدورها. ونتيجة لذلك، ظهر بعض شراح أرسطو الذين حاولوا تبني منهج انتقائي، مستخدمين في الوقت نفسه مبادئ هندسية وميكانيك الشعاع البصري للدفاع عن فرضياته ولاحقاً لإعادة النظر فيها[٢٧].

دعم بعض الشراح، مثل إسكندر الأفروديسي (Alexandre d'Aphrodise) في القرن الثالث، فكرة مفادها أن لا شيء يتم بثه من العين نحو الجسم. ومع ذلك، فقد استخدم إسكندر المخروط البصري ومبدأ الانتشار المستقيم كما جاء في النظريات اللمسية، وذلك عندما تفحص انتقال الخصائص المرئية (الألوان) بواسطة وسط شفاف. وتكون الأجسام مرئية آنذاك من خلال مخروط على امتداد خطوط مستقيمة. ومع أن إدراك قياس الأجسام يتحدد بزاوية النظر التي تأخذ مكانها انطلاقاً من العين، فإن المخروط نفسه يتحدد في قاعدته بواسطة الجسم ولا يتحدد ببث ما من العين[٢٨].

كانت وجهة نظر جان فيلوپون (Jean Philopon) (القرن السادس) واضحة. فلو أن الأشعة الضوئية تُبث بخط مستقيم وتنحرف على الأسطح الملساء تبعاً لقانون الزوايا المتساوية، فإنه باستطاعتنا آنذاك الافتراض أن تأثير (energia) الأجسام الملونة والمضيئة على العين يتم بخطوط مستقيمة وينعكس في المرايا وفقاً لقانون الزوايا المتساوية. وفي الواقع، إن استبدال مفهوم الأشعة البصرية بفرضية أرسطو، يسمح بتجنب المفهوم غير المنطقي عن البث مع الحفاظ على الظاهرة نفسها. وقد تجاوز فيلوپون أرسطو في هذه المسألة، عندما عالج الضوء واللون بشكل متواز. فعدل مفهوم الضوء، إذ حوله من تغير حالة إلى «حركة» نوعية (أو «قفزة») تحدث بطريقة فورية، كما هو الأمر عند أرسطو بالنسبة إلى تأثير اللون على العين[٢٩].

---

(٢٧) فيما يتعلق باختلافات وجهات النظر بين أرسطو والشراح المشائيين، انظر: Samuel Sambursky, «Philoponus' Interpretation of Aristotle's Theory of Light,» *Osiris*, vol. 13 (1958), pp. 114-126.

انظر أيضاً نقد سورابجي (Sorabji) الذي سيرد لاحقاً في الهامش رقم (٢٩).

(٢٨) Alexander of Aphrodisias, *«De Anima Libri Mantissa,»* translated by Robert J. Richards, *Journal of the History of Behavioural Sciences*, vol. 15 (1979), p. 381.

انظر أيضاً: Sambursky, Ibid., p. 116.

(٢٩) انظر: Philoponus, *De anima*, quoted in: Sambursky, Ibid., pp. 117-118 and discussed in pp. 118-126.

لا يقبل سورابجي الفكرة التي مفادها أن فيلوپون «يرفض تماماً» نظرية أرسطو بتغيير تصوره عن الضوء، منتقلاً من ظاهرة سكونية إلى ظاهرة حركية، مبدلاً معنى «energia» الأرسطية. انظر: Richard Sorabji, «Directionality of Light,» in: Richard Sorabji, *Philoponus and the Rejection of Aristotelian Science* (London: Dukworth, 1986), pp. 26-30.

وهكذا فقد ارتسم في العصور القديمة المتأخرة اتجاه جديد، جاء كرد على الأفكار الأرسطية. وتكشف انتقائية هذا الاتجاه أيضاً تأثير مبدأ الأفلاطونية المحدثة عن الإشراق (مثله الملموس هو الإشعاع الصادر عن الشمس)، وتأثير أفكار الذريين الأكثر دقة عن الفضاء والحركة[٣٠]. فالرؤية تعود إلى حركة نوعية (أو «قفزة متقطعة») للضوء انطلاقاً من الأجسام المرئية، وتواكب هذه الحركة (عن طريق الألوان) الخصائص المرئية للأجسام وصولاً إلى العين. بالإضافة إلى ذلك، فإن هذا الانتقال يستطيع أن يخضع للتحليل الهندسي[٣١].

٤ ـ ميكانيك الرؤية في النظريات اليونانية

ترجع الشروحات التي أعدها اليونانيون إلى نموذجين أساسيين من النظريات:

أ ـ النظريات المسماة «نسخة الجسم»، التي بموجبها تستقبل العين رداً من الجسم، يسمى إيدولون.

ب ـ النظريات «اللمسية» الأكثر كمالاً، والتي لقيت نجاحاً أكبر.

وبموجب هذه النظريات، تمد العين قدرتها بشكل مخروط من الإشعاع وصولاً إلى الأجسام المرئية. أما المقاربة غير اللمسية، التي بدأها أرسطو، فإنها لا تشكل نظرية قائمة بذاتها، علماً أنها استخدمت لاحقاً لنقض هاتين النظريتين.

وعلى الرغم من الاختلافات الظاهرة فيما بينها، فإن النظريات اليونانية عن الرؤية قد أُعدت انطلاقاً من الفرضيات نفسها. فقبل كل شيء، تم اعتبار الوعي الحاسي كتسجيل حقيقي للواقع. فما يُنقل إلى العين ومنها إلى الروح، يمثل نسخة نوعية عن العالم الخارجي. وقد تم تبرير هذا التصور تجريبياً، باللجوء إلى ظاهرة التجلي الفعلي لوجه شخص في بؤبؤ شخص آخر، كما في المرآة[٣٢]. ونتيجة لذلك، كانت أجسام الإحساس البصري تعتبر ككيانات متماسكة. وإدراك هذه الكيانات يتم بطريقة إجمالية، إما بواسطة نسخة مادية

(٣٠) إن التصور عن الضوء كـ «نشاط» للجسم المضيء في «اتجاه خارجي» يظهر أيضاً في: Plotin, *Ennéades*, IV, 5.7 (ت حوالى ٢٧٠). انظر: Sambursky, Ibid., p. 116.

(٣١) بخصوص إعادة تعريف للضوء، بالنسبة إلى جدالات الذريين حول انقسامية الفضاء وعدم انقسامية الوقت، كامتداد لفكرة التغير أو «القفزة» النوعية، للانتقال إلى فكرة الحركة، انظر:
Richard Sorabji, *Time, Creation and the Continuum: Theories in Antiquity and the Early Middle Ages* (Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1983), pp. 52-62 and 384-390.

(٣٢) حول العلاقة بين الصورة على البؤبؤ واشتقاق محتمل لكلمة «pupil»، انظر:
Siegel, *Galen on Sense Perception*, pp. 49-50, and Galenus, *On Anatomical Procedures, the Later Books*, translated by W. L. H. Duckworth (Cambridge, [Eng.]: University Press, 1962), X, 3, 40.
انظر لاحقاً الهامش رقم (٨٠).

(إيدولون)، وإما بانطباع يحس به أو أيضاً بتصوير أو بشكل للجسم المحسوس[٣٣].

يفرض مفهوم «النسخة» أن تكون التجربة الحاسية الوسيلة الوحيدة لبناء نظرية عن الرؤية، والنموذج الوحيد القادر على شرح الإدراك. فقد كان معروفاً بوضوح وفي الوقت نفسه، أن الحواس ليست معصومة عن الخطأ، وأنه يمكن حصول اختلاف بين صفات الأجسام وإدراكنا لهذه الأخيرة. وقد تمت معالجة مسألة القمر والشمس والنجوم، كما لو كانت جميعها تقع على مسافة واحدة، في حين أن مسافاتها النسبية تبعاً للمراقب تختلف كثيراً[٣٤]. ويشكل «الخداع القمري» توضيحاً لمثال على محاولة تسوية هذه المسألة. فقد لوحظ أن القمر يبدو في الأفق أكبر حجماً، بالمقارنة مع وضعه على خط عمودي، على الرغم من أن قياسه الفيزيائي هو نفسه في الوضعين[٣٥]. وقد تم تطبيق هذا الاكتشاف في فن التصوير (رسم الزخرفة) وفي العمارة، حيث كانت تبنى بإتقان أعمدة غير متوازية أو معقوفة قليلاً إلى الداخل، لكي تبدو متوازية للمراقب. وفي الواقع، كان علم البصريات آنذاك فرعاً من الرياضيات، يدرس الأجسام المدركة بالحواس. كما كان هذا العلم يبحث خداع النظر، مثل التقارب الظاهر للخطوط المتوازية، أو واقع أن الأجسام المربعة تبدو عن كثب وكأنها مكورة[٣٦].

ومع ذلك، فقد اعتبر كبديهية واقع أن التجربة الحاسية تتحدد بالحواس. وهكذا، على الرغم من أن النسخات قد تتكشف غير دقيقة في بعض الأحيان، إلا أن النسخات التي تنقلها الحواس تبقى حقيقية، كاملة وغير قابلة للتجزئة.

وانطلاقاً من فرضية وجود تماثل في الشكل بين ما يصل العين ومصدره في العالم الخارجي، كانت النظريات تسأل عن الوسيلة، التي تستطيع العين والروح بواسطتها أن تحصلا على نموذج نوعي عن الواقع المرئي. وكانت «نسخة» الجسم تعتبر وسيلة تماس، سواء تم إدراكها بواسطة «إيدولون» أو قدرة بصرية. وبكلمات أخرى، تتميز النظريتان بمقاربة «لمسية»، تشرح الرؤية بمصطلحات التماس الميكانيكي.

---

(٣٣) من أجل مفهوم الرواقيين عن «تصوير» نسخة متماسكة، انظر: Hahm, «Early Hellenistic Theories of Vision and the Perception of Color,» p. 88.

(٣٤) انظر: A. I. Sabra, «Psychology Versus Mathematics: Ptolemy and Alhazen on the Moon Illusion,» in: Edward Grant and John E. Murdoch, eds., *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages* (Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1987), pp. 217-247.

(٣٥) Nicholas Pastore, *Selective History of Theories of Visual Perception, 1600-1950* (New York: [n. pb.], 1971), pp. 4-6.

(٣٦) انظر: Proclus, «Commentary on Euclid's Elements I,» in: Cohen and Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, pp. 3-4.

كان وجود الضوء هو الذي يسمح بقيام التماس بين العين والجسم. فبدون ضوء مثلاً، لا تملك القدرة البصرية (شعاع أو بنوما) أية وسيلة لإقامة تماس مع الجسم[٣٧]. ولا يملك أي طراز من هذه النظريات علاقة تصورية مع فيزياء الضوء في معالجته للرؤية. فلم تكن «النسخة» الحاسية النوعية صورة بصرية. وبما أن العين لم تكن تعتبر عضواً يستخدم «لتشكيل» الصور، لذلك كانت المعرفة التفصيلية لتشريحها مستقلة عن أساس النظريات التي تعالج الرؤية، بالطريقة نفسها حيث لا توجد للتشريح التفصيلي لليد أية علاقة مع بعض النظريات، حتى تلك التي تشرح الإحساس اللمسي. فكان دور العين يتحدد بالفرضية الغائية، التي تقول إن تركيبها يعكس وظيفتها.

أخيراً، فإن العين كانت عيناً تدرك. إن فرضية «النسخة» تجعل مستحيلة الفكرة التي مفادها أن ما يصل إلى العين يمكن أن يكون مختلفاً عما يدرك. فبمجرد حدوث التماس، يكون الإدراك مباشراً وكاملاً. إن مفهوم الإدراك، بصفته عملية متميزة لتفسير التسجيل الحاسي، بمعنى إعادة بناء عالم بصري ثلاثي الأبعاد انطلاقاً من صورة مسطحة محرَّفة ومعكوسة موجودة داخل العين، إن هذا المفهوم لم يكن ممكناً تصوره. هذا، وقد شكلت هذه المفاهيم الموحدة قاعدة المقاربة الإسلامية للرؤية. وبقيت دون تغيير جوهري حتى إدخال فرضية الصورة المرئية المسقطة بصرياً.

ثانياً: الرواية العربية للنظريات اليونانية: استمرارية أم تحول؟

استخدم إرث نظريات الرؤية في الإسلام، وفي آن واحد، التغيرات النظرية للمواقف الهلينستية الكلاسيكية والحجج الموجودة في الشروحات الأرسطية والأرسطية الزائفة، العائدة إلى العصور القديمة المتأخرة. وكانت هذه الحجج تستند إلى تصورات عن تطور الفضاء والحركة والزمن[٣٨]. وبالإضافة إلى نظريات الرؤية، فإن معارف اليونانيين الرياضية والاختبارية في علم البصريات والميكانيك، وكذلك التشريح التفصيلي للعين واتصالاتها مع الدماغ، أصبحت جميعها متوفرة بفضل الترجمات التي نقلت إلى العربية[٣٩].

---

(٣٧) يقارن جالينوس إزالة الضوء بالعصب الذي نقطعه فيفقد بذلك كل إحساس. انظر: Galenus, *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, 5.5-13.

(٣٨) من أجل تأثير نظرية «impetus»، كتيار نقدي أكثر شمولاً للعلم الأرسطي، انظر: Richard Sorabji, «John Philiponus,» in: Sorabji, *Philiponus and the Rejection of Aristotelian Science*, pp. 11-40.

(٣٩) لا نملك حتى الآن دراسات مقارنة ونقدية عن المصادر الهلينستية والمشائية للجدل الإسلامي بصدد الرؤية. فيما يتعلق بالعلاقات بين النظريات اليونانية والإسلامية من أجل المعايير الرياضية والفيزيائية والطبية، انظر: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 18-58. إنه لا يستعرض شراح أرسطو.

وفي هذا السياق، من الضروري الإشارة إلى أن هدف الرياضيين ـ الفلكيين والفلاسفة الطبيعيين والأطباء المسلمين لم يكن فقط الحفاظ على هذا الإرث، بل تعداه أيضاً إلى تدارك إغفال بعض الأمور وتصحيح ما كانوا يعتبرونه تناقضات وأخطاء عند إقليدس وبطلميوس وجالينوس على سبيل المثال، وذلك بالإلحاح أكثر فأكثر على الملاحظات الاختبارية(٤٠). وكانت هنالك محاولات أعدت لتأمين الانسجام عند أفلاطون وللتوفيق بين جالينوس وأرسطو حول مسائل مختصة تثيرها نقاشات حول الرؤية(٤١). وفي الواقع، فإنه من خلال هذه الانتقادات تسنى ظهور تعديلات مرفقة بإيضاحات، للمسائل المتعلقة بالرؤية. إلا أن أصالة واستقلالية الأبحاث في تطوير هذه الأعمال في العالم الإسلامي تستند إلى حد كبير إلى

---

(٤٠) فيما يتعلق بالإشارة الواضحة إلى أهداف كهذه وتطبيقها في بعض المؤلفات، انظر: أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي، **رسائل الكندي الفلسفية**، تحقيق وتقديم محمد عبد الهادي أبو ريدة، ٢ ج (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣) بخاصة «في الفلسفة الأولى،» ج ١، ص ١٠٣، و«في الشعاعات» المرايا المحرقة، ٣، نقلاً عن:

Jean Jolivet and Roshdi Rashed, «Al-Kindī, Abū Yūsuf Ya'qūb Ibn Isḥāq al-Sabbāḥ,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 15, p. 264.

انظر أيضاً: أبو بكر محمد بن زكريا الرازي، «الشكوك على جالينوس،» في:

Shlomo Pines, «Razi Critique de Galien,» papier présenté à: *Actes du VII^e congrès international d'histoire des sciences, Jérusalem, 1953* (Paris: [s. n., s. d.]), pp. 480-487, réimprimé dans: Shlomo Pines, *The Collected Works of Shlomo Pines: Studies in Arabic Versions of Greek Texts and in Mediaeval Science* (Jerusalem: [n. pb.], 1986), vol. 2, pp. 256-258;

أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **الشكوك على بطليموس**، تحقيق عبد الحميد صبره ونبيل الشهابي؛ تصدير إبراهيم مدكور (القاهرة: مطبعة دار الكتب، ١٩٧١)، الورقة ١٦٢ظ، نقلاً عن:

Shlomo Pines, «Ibn al-Haytham's Critique of Ptolemy,» in: Shlomo, *The Collected Works of Shlomo Pines: Studies in Arabic Versions of Greek Texts and in Mediaeval Science,* pp. 547-548.

أما الأجزاء المتعلقة بالبصريات فقد أعاد نقلها: A. I. Sabra, «Ibn al-Haytham's Criticisms of Ptolemy's *Optics,*» *Journal of the History of Philosophy,* vol. 4, no. 2 (April 1966), pp. 145-149.

حول النص العربي، انظر: أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **كتاب في حل شكوك إقليدس في الأصول وشرح معانيه**، صورة فوتوغرافية عن مخطوطة اسطنبول (فرنكفورت ـ أم ـ مان: [د. ن.]، ١٩٨٥). يمثل **كتاب المناظر** لابن الهيثم في علم البصريات ذروة المقاربة النقدية، التي يعبر عنها بشكل مباشر والمطبقة كبرنامج أبحاث، انظر: ابن الهيثم، **كتاب المناظر** (مخطوطة، اسطنبول، فاتح، ٣٢١٢)، الورقة ٤و.

(٤١) انظر: B. Musallam, «Avicenna between Aristotle and Galen,» in: *Encyclopaedia Iranica,* edited by Ehsan Yarshater (London: Routledge and Kegan Paul, 1986-1987), vol. 3, fasc. 1, pp. 94-99; Bruce S. Eastwood, «Al Fārābī on Extramission, Intromission, and the Use of Platonic Visual Theory,» *Isis,* vol. 70, no. 253 (September 1979), pp. 423-425, reprinted in: Bruce S. Eastwood, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes* (London: Variorum Reprints, 1989), and Franz Rosenthal, «On the Knowledge of Plato's Philosophy in the Islamic World,» *Islamic Culture,* vol. 14, no. 4 (October 1940), pp. 386-422 and especially pp. 412-416.

طبيعة الإرث، وبالأخص ذلك الإرث الوافد من العصور القديمة المتأخرة[٤٢].

١ ـ الدفاع عن النظريات اللمسية: الكندي وحنين بن إسحق

قدم الكندي (حوالى ٨٦٦م)، وهو أحد المبادرين الكبار في نقل العلم اليوناني، مجموعة من الحجج ضد نظريات الإدخال في أعماله حول البصريات (المناظر)، التي شكلت أيضاً نقداً لنظرية الرؤية العائدة لإقليدس. فقد أوضح، مستخدماً حججاً لم تكن دائماً جديدة تماماً، بعض الاختلافات المهمة بين نظريات «نسخات» الأجسام والنظريات اللمسية[٤٣].

تتعلق صحة أية نظرية عن الرؤية، بالنسبة إلى الكندي، بقدرتها على معالجة مسائل، كمثل إدراك بعد الأجسام وموضعها ووضوحها، وكذلك شكلها واتجاهها في الفضاء، بطريقة يمكن في الوقت نفسه التحقق من صحتها بالملاحظة وإثباتها بالمنطق الهندسي. ولا تستطيع نظرية الإدخال أو نظرية نسخات الأجسام تلبية هذه الشروط[٤٤].

تملك نظرية الإدخال قوة ملازمة لها، تتمثل في قدرتها على تحليل ميزة عادية لكنها أساسية في الإدراك اليومي. وهذة الميزة قوامها أننا ندرك فوراً أن جسماً يبقى هو نفسه دائماً في رسومه المنظورية الكبيرة الاختلاف. ففي الواقع تملك المنضدة دائماً ثلاث أرجل،

---

(٤٢) من أجل تقدير التطورات الحاصلة في العالم العربي، من الضروري في البداية معرفة الاستدلالات، بوضوح وجدية، التي قدمها اليونانيون سابقاً حول الرؤية، وصولاً إلى العصور القديمة المتأخرة. هذا ما تم التشديد عليه في نص كامل آخر لـ: Richard Sorabji «Atoms and Divisible Leaps in Islamic Thought,» in: Sorabji, *Time, Creation and the Continuum: Theories in Antiquity and the Early Middle Ages*, chap. 25, p. 384.

وقد أثبت سورابجي أن الاستدلالات اليونانية الموازية للعربية (عندما نستطيع أن نقارن حجة بحجة) بمقدورها المساعدة في إعادة بناء الاستدلالات العربية، وأحياناً «تسلط عليها ضوءاً جديداً وتعيد إحياء معانيها»، بالأخص بالنسبة إلى المرحلة القديمة من الفكر العربي.

(٤٣) حول الكندي، انظر: Jolivet and Rashed, «Al-Kindī, Abū Yūsuf Ya'qūb Ibn Isḥāq al-Sabbāḥ,» pp. 261-267,

الذي يحتوي على مراجع مفصلة. إن بصريات الكندي موجودة في ترجمة من العربية إلى اللاتينية، في: Axel Anthon Björnbo and Seb Vogl, «Al-Kindi, Tideus und Pseudo-Euclid: Drei Optische Werke,» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften*, Bd. 26, no. 3 (1912), pp. 3-41.

(٤٤) حول إعادة بناء مفصلة ودراسة لحجج الكندي، انظر: David C. Lindberg, «Al-Kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision,» *Isis*, vol. 62, no. 214 (December 1971), pp. 469-489, reprinted in: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, vol. 2, pp. 18-32.

وحول نسخة مختصرة، انظر: David C. Lindberg, «The Intromission-Extramission Controversy in Islamic Visual Theory: Al-Kindi Versus Avicenna,» in: Machamer and Turnbull, eds., *Studies in Perception: Interrelations in the History of Philosophy and Science*, pp. 137-159, reprinted in: David C. Lindberg, *Studies in the History of Medieval Optics* (London: Variorum Reprints, 1983).

سواء أنظرنا إليها جانبياً أم من عل. ومع مفهوم النسخة (أكانت مثلاً سلسلة إيدولا أم سلسلة أشكال للجسم) والتي تنفذ إلى العين، تصبح إمكانية معالجة مسألة الرؤية بالمنظور خارج دائرة البحث.

يعطي الكندي فيما يتعلق بمسألة الاتجاه في الفضاء وإدراك الشكل، مثال الدائرة المرئية جانبياً. فلو أن الرؤية هي نتيجة دخول شكل تام إلى العين، لوجب آنذاك إدراك شكل الدائرة بكاملها، في حين إنه عندما ننظر إلى هذه الدائرة جانبياً، فما نراه عندها ليس دائرة، بل خط مستقيم[٤٥]. وبالتالي، فإن ما يدرك هو بوضوح محصور بزاوية المنظور الذي يحدد مظهر الجسم الداخل في تماس مع الشعاع البصري. (يبقى السؤال المطروح التالي: إذا كان ما يدرك من الدائرة المرئية جانبياً هو خط مستقيم، فكيف نعرف هذا الشيء بصفته دائرة؟). إنها لمفارقة أن الكندي عندما يدعو إلى الاحتكام إلى الاختبار، فإن ما يفكر به هو بالتأكيد اختبار مثالي أكثر مما هو تجريبي. فمن السهل إيضاح الصعوبة الفائقة في رؤية جانب الدائرة بمظهر خط مستقيم عند استخدام دائرة من شريط حديدي (شبيه بالدوائر التي تحدث فقاقيع الصابون). فإن أقل حركة من الرأس أو من اليد تحرفه جانباً، فتسبب فوراً إدراك الدائرة. كما أن مجموعة كبيرة من الرسوم المنظورية المائلة تجعلنا نرى قطوعاً ناقصة. وفي الواقع، نرى دائرة في العديد من حالات الرسوم المنظورية، في حين أن ذلك مستحيل فيزيائياً. وقد مثل هذا الثبات في إدراك الشكل، والذي لم يبينه الكندي، مسألة غير قابلة للحل في نظرية الشعاع البصري[٤٦].

قدم الكندي، انطلاقاً من فرضية أن الأجسام المدركة هي متماسكة وغير قابلة للتجزئة، تفنيداً آخر. فإذا كانت الرؤية تعمل بالإدخال، دون أن تأخذ، إذن، في الاعتبار وضع الأجسام في حقل الرؤية، ولا شيء سوى قربها أو بعدها، فإن هذه الأجسام تدرك في آن واحد وبقدر متساوٍ من الوضوح، بغض النظر عن معالمها (Paramètres). لذلك لا تحتاج الأعين إلى تعيين موضع الأجسام، وهذا الأمر مناف بوضوح لطبيعة الحال. وبالنسبة إلى الكندي، في تجربتنا اليومية لا تدرك الأجسام في الوقت نفسه، بل في تعاقب زمني كما هو الحال أثناء القراءة[٤٧]. وقد حاول بذلك أن يفسر وضوح الأجسام المرئية التي تقع، من

---

(٤٥) انظر: «De Aspectibus,» prop. 7, in: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, p. 23,

بخصوص مصادر هذه الحجة وكذلك غيرها في «مقدمة» ثيون الإسكندري لبصريات إقليدس، انظر ص ٢٠ و٢٢.

انظر أيضاً: Lindberg, «Al-Kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision,» p. 476, note (27) and p. 477.

(٤٦) حول معرفة ابن الهيثم لهذه المسألة، انظر: Gary C. Hatfield and William Epstein, «The Sensory Core and the Medieval Foundations of Early Modern Perceptual Theory,» *Isis*, vol. 70, no. 253 (September 1979), p. 368.

(٤٧) انظر: Prop. 9, in: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, p. 22.

جهة، قريبة، وباتجاه مركز حقل الرؤية، بالمقابلة مع تلك الأجسام التي تقع، من جهة أخرى، بعيدة أو في محيط حقل الرؤية، وذلك بضعف قدرة الرؤية بمقدار ما يبتعد الحقل عن العين، حيث يأخذ مصدره. وفي شرحه لم يربط الكندي بين قوة الشعاع المركزي للمخروط المنظوري وطول هذا الشعاع الذي كان أصغر طولاً بالمقارنة مع الأشعة الواقعة في محيط الحقل. وعوضاً عن ذلك، فقد انطلق شرحه من الضوء، معتبراً أن المخروط هو كتلة من الإشعاع المتواصل. لذلك فإن الأجسام الموجودة قرب المركز مرئية بوضوح أكثر، بسبب تركيز أكبر للأشعة في هذا الموضع. تماماً كما تنير شمعتان المكان نفسه بشكل أفضل من شمعة واحدة(٤٨).

وتستند حجج الكندي حول الأشعة البصرية، بشكل معبر، إلى اعتبارات هندسية من الاختبارات التجريبية والمثالية مع مصادر ضوئية. فانطلاقاً من الفرضية الضمنية عن تماثل بين الشعاع الضوئي والضوء نفسه، ابتدأ الكندي بإثبات مسلمة إقليدس، والتي بموجبها يكون انتشار الشعاع بمسار مستقيم. إلا أنه أثبت عند قيامه بهذا العمل، الطبيعة الثلاثية الأبعاد والطبيعة الفيزيائية للأشعة الضوئية (بالمقابلة مع الخطوط الهندسية الإقليدسية)، كذلك أثبت انتشارها المستقيم انطلاقاً من مصادر ضوئية(٤٩). وعلى سبيل المثال، يذكر تجربة ممكنة، حيث توضع شمعة كمصدر ضوئي مقابل فتحة يوجد خلفها ستارة. فإذا رسمنا عند ذاك خطاً مستقيماً من الحد الخارجي للمنطقة المضاءة على الستارة، لَمسَّ الخط رأس الفتحة ليمس من ثم رأس الشمعة(٥٠).

افترض الكندي بعد ذلك في نظريته عن البث أن أشعة تنطلق من كل نقطة في سطح العين وتتّبع اتجاه كل خط مستقيم ينطلق من هذه النقاط. واستندت فرضيته هذه أيضاً إلى تماثل بين الإشعاعات والمصادر الضوئية. وهكذا نجد عنده ليس فقط سلسلة براهين عن الانتشار المستقيم للأشعة الضوئية، بل أيضاً وصفاً واضحاً للتشتت الشعاعي للضوء في جميع الاتجاهات انطلاقاً من كل نقطة من سطح جسم مضيء، وبذلك ينير الضوء كل ما يقع أمام الجسم على خط مستقيم(٥١). إلا أن هذا الوصف، بصفته تماثلاً لكيفية انتشار الشعاع البصري، يشكل بالنسبة إلى الكندي أساساً لتحديد أكثر دقة لوضع الجسم المرئي داخل مخروط الإشعاع. فهو يفرض فوراً انقساماً كمياً إلى نقاط لمفهوم الإشعاع البصري، الذي كان يعتبر حتى ذلك الوقت غير قابل للتجزئة في آن معاً على سطح العين وعلى سطح

---

(٤٨) انظر القضية ١٤، في: المصدر نفسه، ص ٢٦ ـ ٢٨.

(٤٩) انظر القضية ١١، في: المصدر نفسه، ص ٢٤ ـ ٢٥. يدعم ليندبرغ فكرة أن الأشعة بالنسبة إلى الكندي ليست كيانات جوهرية بل «انطباع الأجسام المضيئة على الأجسام المعتمة».

(٥٠) انظر القضية ١ ـ ٣، في: المصدر نفسه، ص ٢٠، و Lindberg, «Al-Kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision,» pp. 474-475.

(٥١) Prop. 13, in: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 28-30.

الجسم الذي يحصل معه التماس. وتعدل، بالتالي، مخروط إقليدس وبطلميوس وتحول إلى مجموعة مخروطات تشع من كل نقطة في سطح العين. والنتيجة الحاصلة هي «شبكة» ثلاثية الأبعاد من المخروطات، لا تترك أي جسم يفلت من الرؤية دون أن تكتشفه، مهما كان بعد الأشعة. وقد شكلت هذه المسألة سابقاً معضلة كبرى لنظريات المخروط البسيط[٥٢]. ومع أن الكندي كان قادراً على تصور وتحليل انقسام الإشعاع الضوئي هندسياً، إلا أن الانقسام هذا لا ينطبق على عالم الإدراك، حيث تبقى الكيانات غير قابلة للتجزئة.

وعندما اتجه الكندي لدراسة العين نفسها لتقوية موقفه، لم يلزمه إلا القليل من الوقت ليبين أن العين ليست مجوفة كالأذن لكي تستطيع التقاط الانطباعات. فالعين كروية ومتحركة بطريقة تستطيع معها توجيه نظرتها وانتقاء الجسم وإرسال أشعتها إليه[٥٣]. ويحتوي هذا المنطق على فرضية غائية ضمنية تربط ما بين تركيب العين ووظيفتها. وقد استخدم أحد معاصري الكندي، حنين بن إسحق (حوالى ٨٧٧م)، الذي يعتبر من أهم ناقلي الأعمال عن اليونانية والسريانية، العين ليرفض في آن معاً نظريات الإدخال ونظريات الشعاع البصري[٥٤]. وقد تبنى في مؤلفاته العشرة عن تراكيب العين وأمراضها ومعالجتها (**كتاب العشر مقالات في العين**) نظرية جالينوس، التي بمقتضاها تحوّل البنوما الهواء، بوجود الضوء، إلى امتداد لعضو الرؤية[٥٥]. ووصف هذا التحول بمصطلحات ميكانيكية، فالبنوما

---

(٥٢) يجد مخروط الإشعاع المتواصل مصدره في بصريات بطلميوس. فيما يتعلق بالاختلاف بين مخروطات الكندي ومخروطات بطلميوس وإقليدس، انظر الشكل رقم (٣٧)، في: المصدر نفسه، ص ٢٢٦. وضعت الترجمة العربية لبصريات بطلميوس انطلاقاً من مخطوطة للكتاب الأول المفقود حالياً (حول نظرية الرؤية بشكل عام) وانطلاقاً من نهاية الكتاب الخامس، حول الانكسار.

(٥٣) انظر القضية ١٠، في: المصدر نفسه، ص ٢٢. يصدر هذا أيضاً عن: Théon d'Alexandrie, *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le premier livre de la composition mathématique de Ptolémée,* traduction française par N. Halma (Paris: [s. n.], 1821).

(٥٤) انظر: Ḥunayn Ibn Isḥāq, *Kitāb al-'ashar maqālāt fī al-'ayn al-mansūb li-Ḥunayn Ibn Isḥāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809-877 A.D.),* edited and translated by Max Meyerhof (Cairo: Government Press, 1928).

إن ترجمة حنين بن اسحق مستوحاة من بعض أعمال جالينوس، ومن بينها: *De usu partium* et *De placitis Hippocratis et Platonis.*

بخصوص ترجمات عربية لأعمال جالينوس، انظر: G. Bergsträsser: *Ḥunayn b. Isḥāq und seine Schule* (Leiden: [n. pb.], 1931), pp. 15-24, and *Neue Materialen zu Ḥunayn b. Isḥāq's Galen Bibliographie* (Lichtenstein: Neudeln, 1966), pp. 95-98, and Max Meyerhof, «New Light on Ḥunain Ibn Isḥāq and His Period,» *Isis,* vol. 8, no. 28 (1926), pp. 685-724.

(٥٥) حول نظرية حنين عن الرؤية، انظر: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* pp. 33-42;

بخصوص تحليل لبعض الاختلافات بين حنين وجالينوس، انظر: Bruce S. Eastwood, «The =

بعد خروجها من العين «تضرب» الهواء المحيط كما في «التصادم». ويبدو الطابع اللمسي لتصوره عن الرؤية واضحاً عندما يستخدم المقارنة مع عصا الأعمى: «مثال ذلك أن يكون إنسان يمشي في ظلمة وبيده عصا قد نصبها بين يديه طولاً فتلقى العصا دفعة شيئاً يمنعها من الذهاب إلى قدام. فيعلم قياساً من ساعته أن المانع لعصاه من الذهاب إلى قدام إنما هو جسم مصمت مدافع لما يلقاه، والذي يدعوه إلى هذا القياس إنما هو أنه قد علم متقدماً أن الذهاب والسعي في الهواء ليس منه مانع والذهاب والسعي في جسم صلب مما هو ممتنع. وللبصر أيضاً مع هذه الأشياء أنه إذا وقع على جسم أملس براق خالص الملاسة والبريق رجع منعكساً عنه إلى الحدقة التي خرج منها بانكسار المناظر ورجوعها على زوايا مساوية للزوايا التي عليها كان خروج خطوط البصر من العينين».

وقد حاول حنين أن يشرح، بالتوافق مع هذه المقاربة، كيف أن الرؤية ممكنة في المرايا وفي الأجسام الأخرى الملساء على قاعدة الانحراف. وطبق على نظرية جالينوس مبدأ تساوي زوايا السقوط والانعكاس الصادر عن النظريات اللمسية للرؤية[٥٦]. إننا نمتلك مع «المقالات العشر» لابن إسحق ومع مؤلفه **تركيب العين** ليس فقط ترجمة أكثر منهجية لنظرية جالينوس، بل أيضاً تشريحاً تفصيلياً واسعاً للعين، نُقل على هذا الشكل في العالم العربي[٥٧].

غير أنه لم يتم إثبات أي تقارب بين مبادئ الكندي ووصف تشريح العين لابن إسحق في القرن التاسع، على الرغم من الانتشار الواسع لتأثيرهما. مع ذلك، وبفضل الانتشار الذي حققه حنين لأعمال جالينوس، أصبح تشريح العين جزءاً مكملاً للنقاشات حول الرؤية، ليس فقط بين الأطباء وأطباء العيون الذين استندوا إلى الشرح الجالينوسي، بل أيضاً بين هؤلاء الذين كانوا يرفضون فكرة شكل ما من البث انطلاقاً من العين. وفي الواقع، فقد شكل تشريح العين لاحقاً جزءاً مهماً من نقد النظريات اللمسية لمصلحة نظريات الإدخال.

Elements of Vision: The Micro-Cosmology of Galenic Visual Theory according to Ḥunayn Ibn = Isḥāq,» *Transactions of the American Philosophical Society,* vol. 72, no. 5 (1982), pp. 1-59, reprinted in: Eastwood, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes.*

أما فيما يتعلق بمصدر وطبيعة بنوما، فانظر: Manfred Ullmann, *Islamic Medicine,* Islamic Surveys; 11 (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1978), especially pp. 62-63,

الذي يستند إلى الموسوعة الطبية الكلاسيكية لعلي بن العباس المجوسي (المتوفى حوالى ٩٨٢ ـ ٩٩٥ واسمه باللاتينية Haly Abbas).

(٥٦) انظر: Ḥunayn Ibn Isḥāq, Ibid., fols. 108.19-111.29 and especially fols. 108.19-110.6, وفي الترجمة، ص ٣٥ ـ ٣٩.

(٥٧) انظر: المصدر نفسه، الأوراق ١٠٩، ١ ـ ١١٠، ٦، وفي الترجمة، ص ٣٦ ـ ٣٧.

٢ ـ نقض النظريات اللمسية: الرازي وابن سينا

أثار أبو بكر محمد بن زكريا الرازي (ت نحو ٩٢٣/ ٩٢٤م) في مؤلفه **كتاب في الشكوك على جالينوس** المسألة التالية: لو أن سبب تمدد البؤبؤ، عندما تكون إحدى العينين مغمضة، هو أن البنوما البصرية تنتقل إلى العين الأخرى، فكيف يكون باستطاعتنا، إذن، أن نشرح واقع أن العينين تتمددان وتضيقان سوية في ظروف مختلفة؟[٥٨] فتبعاً للرازي، لا يعود التغيير أبداً إلى الضغط الداخلي للبنوما المتمددة، كما فسر ذلك جالينوس، بل يعود إلى انخفاض في الضوء الخارجي[٥٩]. وقد أكد الرازي أن الضوء القوي يلحق الضرر بالعين إلى درجة التسبب في جرحها وإحداث الألم فيها، في حين أن العيون لا تستطيع الرؤية أبداً في الظلام. لذلك كان لا بد من إيجاد تسوية تجمع ما بين الضدين، وقد تم تقديمها بواسطة تركيب العين. فإذا كان الجسم في مكان مضاء بقوة، فإن البؤبؤ يضيق حتى يسمح بمرور ما يكفي من الضوء تماماً لكي تعمل الرؤية، ويمنع مع ذلك أي ضرر يلحق بالبصر. أما إذا كان الجسم مضاءً بدرجة أقل، فإن البؤبؤ يتسع لتأمين الضوء الكافي الذي يسمح بالرؤية. إن ما يصفه الرازي ليس التقلص العضلي وتمدد البؤبؤ، إنما قدرة العين على تغيير قياسات فتحتها تبعاً للضوء. ويوضح الرازي الطابع الميكانيكي لهذه العملية، بالتماثل مع عوامة أو صمام يتحكم بمنسوب الماء في نظام الري، وذلك بتوسيع وتضييق مدخل الخزان، ليسمح بتغذية ثابتة ومنتظمة للحديقة[٦٠]. وهكذا، فإن الرازي يعتبر حركة البؤبؤ

---

(٥٨) فيما يتعلق بتأثير مناظر الكندي، انظر: Eilhard E. Wiedemann, «Über das Leben von Ibn al Haitham und al Kindī,» *Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik*, Bd. 25 (1911), pp. 6-7, and Max Meyerhof, «Die Optik der Araber,» *Zeitschrift für Ophthalmalogische Optik*, Bd. 8 (1920), p. 20.

وحول حنين بن إسحق، انظر: J. Hirschberg, J. Lippert and E. Mittwoch, *Die Arabischen Lehrbücher der Augenheilkunde* (Berlin: Verlag der Konigl, Akademie der Wissenschaften, 1905), pp. 19-20, and Max Meyerhof, «Eine Unbekannte Arabische Augenheilkunde des 11. Jahrunderts n. Chr.,» *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften*, Bd. 20 (1928), pp. 66-67.

أما فيما يتعلق بدوره في انتقال المعرفة الطبية اليونانية إلى العربية، انظر: G. Anawati and A. Z. Iskandar, «Ḥunayn Ibn Isḥāq,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, sup. 1, pp. 230-249.

(٥٩) تستند المناقشة التي تلي إلى الفصل من **كتاب في الشكوك على جالينوس** (ملّي مالك، مخطوطة ٤٥٥٤/٢٣، طهران)، في: A. Z. Iskandar, «Critical Studies in the Works of al-Rāzī and Ibn Sīnā,» paper presented at: *Proceedings of the First International Conference on Islamic Medicine, 2* (Koweit: [n. pb.], 1981), pp. 149-150.

(٦٠) قارن مع شروحات جالينوس، في: Galenus: *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium*, p. 476, and *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, 4.15. =

كآلية تنظم كمية الضوء النافذ إلى العين.

يبدو الرازي أكثر دقة في الجزء المتعلق بالتشريح من مؤلفه كتاب **المنصوري**، حيث يصف كيف يضيق البؤبؤ في ضوء وهاج ويتسع عندما يقل الضوء لكي يقدم تماماً ما تحتاجه الجليدية[(٦١)]. وقد لاحظ جالينوس وآخرون في العصور القديمة الخطر الجلي، الذي يحدث عندما ننظر مباشرة إلى الشمس. إلا أننا نجد عند الرازي هذه المرة ارتباطاً واضحاً بين كمية الضوء الذي يصل إلى العين، انطلاقاً من جسم مرئي، وبين تغير قياسات البؤبؤ، وبين الرؤية. ولسوء الحظ، لم يصلنا مؤلفه المكرس خصيصاً لحركة البؤبؤ، والأعمال المنسوبة إليه حول الرؤية[(٦٢)]. ومن غير الممكن، استناداً إلى أجزاء المعلومات المتوفرة لدينا، تقدير مدى تميز الرازي عن الأفكار الهلينستية والمشائية حول دور الضوء كوسيلة لمواكبة (من خلال اللون) الشكل المتماسك لجسم مرئي، وحول النقل المباشر لهذا الشكل[(٦٣)].

وقد استعاد ابن سينا (٩٨٠ ـ ١٠٣٧م) العلاقة المثبتة بين الضوء وتشريح العين والرؤية، واستخدمها لنقض النظريات اللمسية سواء في صيغها الهندسية أو المتعلقة بالبنوما. كما جمع أصنافاً مدهشة من الحجج في أعمال كثيرة له، وبالأخص في موسوعته كتاب **الشفاء** وفي نسختها الموجزة كتاب **النجاة**، وذلك ليثبت أن فكرة البث من العين نحو

= انظر أيضاً: Pines, *The Collected Works of Shlomo Pines: Studies in Arabic Versions of Greek Texts and in Mediaeval Science.*

يوحي باينز أن وجهات نظر الرازي تختلف عن وجهات نظر جالينوس حول معرفة ما إذا كان العصب البصري «أجوفاً» أم لا، وحول مسار البنوما، وحول واقع أن شكل الجسم المرئي ينقل بواسطة الهواء، من خلال العصب البصري، وصولاً إلى التجاويف الدماغية الأمامية التي تحتوي على البنوما، وتسمح هذه الأخيرة بالإدراك الحاسي. فيما يتعلق بالمذهب الذري للرازي بالنسبة إلى ديموقريطس، انظر:

Shlomo Pines, *Beiträge zur Islamischen Atomenlehre* (Berlin: Gräfenhainichen, Gedruckt bei A. Heine, 1936).

(٦١) حول أمثلة عن الصمامات والفواشات الأوتوماتيكية في المراقبة الهيدرولية عند معاصري الرازي، انظر: محمد بن موسى بن شاكر، **كتاب الحيل**، نشرة نقدية للنص العربي من قبل أحمد يوسف الحسن بالتعاون مع محمد علي خيّاطة ومصطفى تعمري، مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة تاريخ التكنولوجية؛ ٣ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١)، والترجمة الإنكليزية له، في: Moḥammed Ibn Musa Ibn Shākir, *The Banū (Sons of) Mūsā Ibn Shākir: The Book of Ingenious Devices (Kitāb al-ḥiyal),* translated by Donald Routledge Hill (Dordrecht; Boston; London: Reidel Publishing Company, 1979).

(٦٢) انظر: Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyah al-Rāzi, «Kitāb al-Manṣūr,» dans: Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyah al-Rāzī, *Trois traités d'anatomie arabes, par Muhammed Ibn Zakariyyā' al-Rāzī, 'Alī Ibn al'Abbās et Abū 'Ali Ibn Sīnā,* édité et traduit par P. de Koning (Leiden: Brill, 1903), livre 1, chap. 8, p. 53.

(٦٣) كان الرازي مطلعاً على *De anima*، المقالة الثانية، الذي ينسب إلى إسكندر الأفروديسي، انظر: Pines, «Razi Critique de Galien,» p. 487, note (7).

الجسم هي محال منطقياً، ولا تتفق مع الواقع والتجربة اليومية ومع هندسة المخروط البصري نفسها في تحليل إدراك قياس الأجسام وبعدها(٦٤).

كما أكد، بعد تدعيم مواقفه مرتكزاً على النقض الهلينستي والمشائي، أنه إذا حصل تماس مع أجسام مرئية في قاعدة مخروط الرؤية، فإنه ينتج عن ذلك بالضرورة أن قياساتها بالإضافة إلى خصائصها المرئية ستصل دون أن يكون لها علاقة مع بعدها. ومن جراء ذلك، لا يمكن تطبيق قوانين المنظور(٦٥). في حين أن إدراك القياس الظاهري يتحدد، بالنسبة إلى ابن سينا، بالبعد نسبة إلى زاوية رأس مخروط الرؤية في العين. فكلما ابتعد الجسم، ضاقت الزاوية وصغرت المنطقة التي يحتلها شكل الجسم على سطح الجليدية. وبالتالي، فإن هندسة مخروط الرؤية لا معنى لها، إلا إذا اعتبرت الجسم، وليس العين، كنقطة انطلاق(٦٦). ويوضح ابن سينا هذا الأمر، عندما يشرح أن جسماً ما موجوداً قرب العين يشكل زاوية تصغر باستمرار بمقدار ما يبتعد هذا الجسم عن العين؛ وهكذا نراه أصغر. وفي الواقع، فإن الزاوية تكون أحياناً صغيرة لدرجة أنه لا يمكن معها رؤية الجسم، حتى ولو كان منطقياً في تماس دائم مع قاعدة المخروط وكان بإمكان الشعاع اللمسي أن يلمسه (يشعر به). وهكذا، فإن زاوية المخروط تستخدم كإشارة إلى قياس الجسم بالنسبة إلى المسافة، إذا افترضنا أن «الشكل» يأتي من الجسم إلى العين(٦٧).

---

(٦٤) انظر: Abū ʻAli Husain Ibn ʻAbd Allah Ibn Sīnā: *Kitāb al-Shifā'(Avicenna's De Anima: Being the Psychological Part of Kitāb al-Shifā')*, edited by F. Rahman (London; New York: Oxford University Press, 1970), 115:20-150:19; *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology)*, translated by F. Rahman (Oxford: [n. pb.], 1952), books II, VI, ii, and

أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، **الشفاء ـ الطبيعيات**، نشر ج. قنواتي وس. زايد (القاهرة: [د. ن.]، ١٩٧٠)، الفصل ٦: «كتاب النفس».

(٦٥) فيما يتعلق بحجج ابن سينا، انظر: Lindberg: «The Intromission - Extramission Controversy in Islamic Visual Theory: Al-Kindi Versus Avicenna,» and *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 43-52.

(٦٦) انظر: Ibn Sīnā: *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology)*, II, 27: 23-29, and *Kitāb al-Shifā' (Avicenna's De Anima: Being the Psychological Part of Kitāb al-Shifā')*, 115: 20-150: 19.

مع أن ابن سينا قد صُنّف كـ «أرسطي»، انظر: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 43-52,

إلا أن صلات مقاربته لمسألة الرؤية مع مقاربة أرسطو أو الشراح الأرسطويين، مثل توميستيوس وفيلوبون وغيرهم، الذين يبتعدون عن أرسطو حول بعض المسائل المحددة، لم تُدرس حتى الآن. أما فيما يتعلق بمصادر بعض حجج ابن سينا، المأخوذة من أرسطو وإسكندر الأفروديسي، فانظر:

Ibn Sīnā, *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology)*, pp. 76-77.

(٦٧) انظر: Ibn Sinā, *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology)*, 29: 3-15; Lindberg, Ibid., figure 6, p. 50, and Abū ʻAli Husain Ibn ʻAbd Allah Ibn Sīnā, *Le Livre de Science*, traduit par =

إن نقض ابن سينا لنظريات الشعاع البصري ولنظريات البنوما لا يلفت النظر لأصالته، إذ إنه باستطاعتنا أن نجد معظم هذا النقض بدءاً بأعمال أرسطو ووصولاً إلى الأعمال العائدة إلى العصور القديمة المتأخرة، بقدر ما هو بارز بحججه المعروضة التي تثير الدهشة لكثرتها وتنوعها واتساعها، بالإضافة إلى فعاليتها.

يشكل التصور الخاص لابن سينا عن الرؤية مخططاً لنقاشه حول الإحساس، الذي يعتبر انطباعاً لشكل الأجسام على عضو الحاسة المعنية. إنه يدقق شروط هذه الرؤية، فعندما يلتقي الضوء بالجسم المرئي (جسم ملون) المعزول عن العين بوسط شفاف (غير ملون)، ينتقل شكل هذا الجسم إلى البؤبؤ، حيث ينطبع على سطح الجليدية. ويتابع مبرراً نظرية الإدخال، استناداً إلى تشريح العين، فيقول إنه إذا لم تكن وجهة النظر هذه صحيحة، فلم تكن العين لتخلق بهذه الغلافات وبهذه الأخلاط المتنوعة والتي تتنوع في الأشكال والتراكيب[٦٨]. إلا أنه لا يتوسع في هذا الموضوع. إن ما يبرز في وصفه لتشريح العين في **القانون في الطب** هو التشديد على دور الضوء، كما في أعمال الرازي. فمن جهة، على هذا الضوء أن يستطيع الوصول إلى الجليدية دون عائق، وهذا ما يفسر شفافية الرطوبة المائية، كما يفسر شفافية الغلاف الدقيق للغاية والسابق للجليدية. وفي الوقت نفسه، فإن الجليدية تقع في وسط الكرة العينية، بهدف حمايتها من فائض الضوء. وهكذا، فإن شفافية غلافات العين المختلفة، المشابهة لشفافية الوسط الواقع بين الجسم والعين، تسمح ببساطة للضوء أن ينقل فوراً، من خلال الألوان، الخصائص المرئية للأجسام الكمداء وصولاً إلى الجليدية. وما يتم إدراكه يبقى مرة أخرى نوعياً وغير قابل للتجزئة. إن الإسنادات المكررة لابن سينا إلى ظواهر المرآة كتشابه، تكشف تقليدية تصوره. وهو يملك نظرية معدة عن الإحساس يميز فيها الحواس الداخلية والحواس الخارجية. فالشكل المتماسك، الذي تقدمه الرؤية، يجد تفسيراً له في تدخل «حواس داخلية» تتركز في الدماغ[٦٩].

= Mohammad Achena et Henri Massé (Paris: Société d'édition «Les Belles lettres», 1955-1958), 2:61.

حول حجة مماثلة أدلى بها إسكندر الأفروديسي، انظر: Alexander of Aphrodisias, «*De Anima Libri Mantissa,*» p. 381.

(٦٨) انظر: Ibn Sīnā, *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology)*, II, 27: 20; 29: 31.

لمقارنة نصوص حول تشريح العين في «القانون» مع جالينوس، انظر: Al-Rāzī, *Trois traités d'anatomie arabes, par Muhammed Ibn Zakariyyā' al-Rāzī, 'Alī Ibn al'Abbās et Abū 'Ali Ibn Sīnā*, pp. 660-666, et notes M à O, pp. 799-802.

(٦٩) بخصوص «تماثل المرآة»، انظر:

Crombie, *The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope*, p. 6, note (9), and Lindberg, Ibid., p. 3.

انظر أيضاً: G. A. Russell, «The Rusty Mirror of the Mind: Ibn Tufayl and Ibn Sina's Psychology,» in: *The World of Ibn Tufayl: Interdisciplinary Perspectives on Hayy b. Yaqzan* (London: Oxford University Press, [Under Press]).

وقد استغنى ابن سينا عن الاستعارة بعصا الأعمى في نقضه، وبخلاف ذلك فإنه دعم الفكرة القائلة إن الضوء يواكب فوراً المعلومات البصرية وصولاً إلى العين. إلا أنه لم يقدم أي شرح للطريقة التي تتم بها هذه الظاهرة. وتجدر الملاحظة أن ابن سينا رفض التماثل الميكانيكي للانحراف فيما يتعلق بالضوء. أما معاييره للرفض فهي معبرة، فلو أن الضوء ينعكس بقفزة كما تقفز الطابة، فإنه سيرتد على جميع الأسطح غير النافذة، حتى ولو كانت هذه الأخيرة غير مصقولة. وهذا ما كان مرفوضاً بالنسبة إليه من وجهة نظر منطقية[٧٠].

وهكذا لم يقدر ابن سينا أن يقدم بديلاً نظرياً قابلاً للحياة عن مفهوم الشكل المتماسك. لكن مسيرته تكشف عن براعة تكتيكية محضة في إعادة صياغة المسائل، دون أن يقدم مع ذلك حلولاً ناجعة لها. ففي الوقت الذي يثبت فيه أن بعض النظريات لا تفي بالغرض، نراه يتملك عناصر منها ليستخدمها ببراعة فائقة. وينتج عن ذلك عمل يمتاز بغنى موسوعي، يجمع في انتقائيته على سبيل المثال: التصور الأرسطي «للأشكال» في الأحساس؛ كما يجمع التشريح الجالينوسي للعين واتصالاتها مع الدماغ، بالإضافة إلى الموقع المهم الذي تحتله الجليدية في الرؤية؛ والمفهوم المشائي للضوء كحركة نوعية من الجسم المضيء نحو العين؛ وأخيراً التحليل الهندسي للمخروط البصري.

ثالثاً: تركيب علم البصريات وعلم التشريح

أجرى ابن الهيثم في كتاب **المناظر** دراسة تجريبية في غاية الدقة لخصائص الضوء، الذي اعتبره كياناً فيزيائياً متميزاً للرؤية[٧١]. كما قدم في الوقت نفسه وصفاً واسع التفصيل لتركيب العين مع دراسة منفصلة لوظيفتها. ثم دمج بعد ذلك هاتين الدراستين، في محاولة لشرح الرؤية كنتيجة لتشكل صورة في العين آتية من الضوء المبثوث والمنحرف[٧٢].

---

(٧٠) انظر: A. I. Sabra, *Theory of Light from Descartes to Newton* (London: [n. pb.], 1967), p. 72, note (13).

(٧١) قُدمت نسخات الميكروفيلم لمخطوطات كتاب **المناظر** (أحمد الثالث ـ ١٨١٩ وفاتح ٣٢١٢ ـ ١٦) بلا مقابل من مكتبات توبكابي والسليمانية. نشر صبرا (Sabra) المخطوطات الباقية للمقالات الثلاث الأولى من المقالات السبع لـ **مناظر** ابن الهيثم. انظر: «Ibn al-Haytham, Abū 'Alī al-Ḥasan Ibn al-Ḥasan,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 6, pp. 189-210.

(٧٢) إن المسألة المعقدة حول اللون تقع خارج موضوع هذه المقالة. بالنسبة إلى ابن الهيثم، يكون اللون مصحوباً دائماً بالضوء. حول تحليل الاختلاف في معالجة اللون والضوء عند هذا المؤلف، انظر: Roshdi Rashed, «Lumière et vision: L'Application des mathématiques dans l'optique d'Ibn al-Haytham,» dans: René Taton, ed., *Roemer et la vitesse de la lumière* (Paris: Vrin, 1978), pp. 19-44, et surtout pp. 34-35.

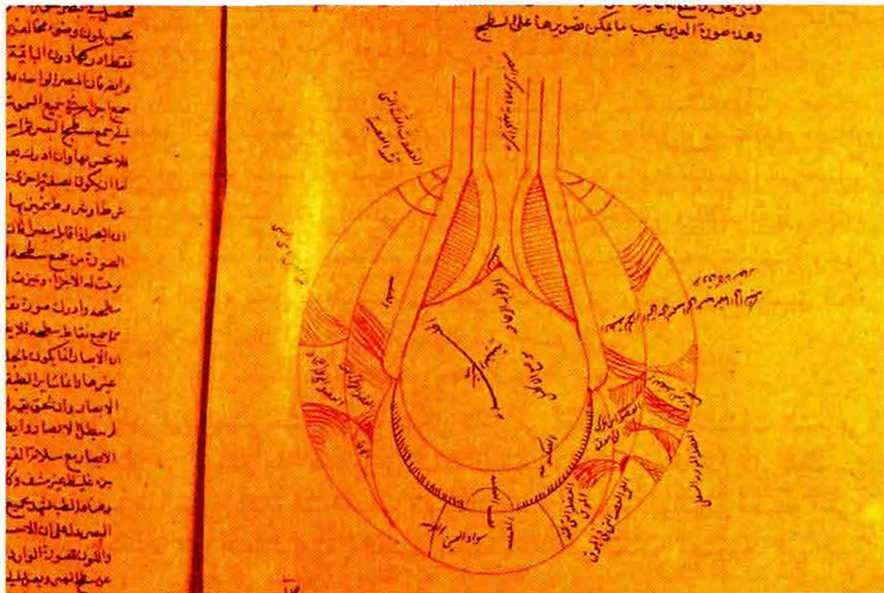
وتكمن أصالة أسلوبه في قدرته على تحويل المواضيع المعقدة إلى مسائل بسيطة، مستقلة على الرغم من أنها مرتبطة بشكل وثيق، وعلى إخضاع متغيرات كل مسألة لتحاليل كمية في شروط من التدقيق الصارم. ونستطيع أن نجد تعبيراً عن هذه المسيرة في مجموعة تجارب عن انتشار الضوء. فهو يستخدم حجرة سوداء يحمل أحد جدرانها فتحة لتقديم مصدر الضوء. ويسمح الغبار أو الدخان الموجود في الحجرة برؤية حزمة الضوء للتحقق من استقامة الأشعة. عندما تكون هذه الحجرة فارغة، فإننا نرى أن المصدر الضوئي يُسقط نقطة ضوء على الحائط المقابل. ويتم تدقيق موقع النقطة بمسطرة، ثم يتبع ذلك تدقيقات أخرى باستخدام عملية تداخل. ومرة أخرى، تكون الخلاصة أن الضوء ينتقل بخط مستقيم، طالما أننا لا نستطيع حجب النقطة المضاءة إلا على امتداد مسار مستقيم. ويبقى التداخل على امتداد مسارات أخرى (مقوسة مثلاً) دون أي أثر على النقطة المضاءة[٧٣].

طُبقت هذه التجارب تكراراً في ساعات مختلفة من النهار والليل، باستخدام مصادر مختلفة للضوء، مع حجرات سوداء بسيطة ومزدوجة الحجيرات مزودة بفتحات تم حسابها بعناية. كما تمت أيضاً دراسة الدور المتعلق باتساع وبعد هذا الفتحات. وبالإضافة إلى ذلك، أثبت ابن الهيثم، بواسطة أنبوب يستخدم كجهاز مراقبة، مثبت على مسطرة خشبية ومجهز بفتحة متغيرة، أن الضوء ينتقل بخط مستقيم ما بين الجسم المرئي والعين. ومع تضييق فتحة الجهاز تدريجياً، يلاحظ آنذاك اختفاء أجزاء مقابلة من الجسم المرئي[٧٤].

كما أظهر ابن الهيثم نفسه منهجياً بشكل كامل في أعماله المتعلقة بالتشتت الشعاعي للضوء انطلاقاً من مصدر ما. فقد درس كيف أن الضوء يشع انطلاقاً من كل نقطة من سطح جسم ما، سواء أكان هذا الجسم مضيئاً بنفسه أم مضاءً بواسطة مصدر آخر، والإشعاع يكون على امتداد جميع الخطوط المستقيمة التي يمكن تصورها في جميع

(٧٣) انظر: أبو علي محمد بن الحسن بن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والثالثة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الورقتان ١٤ظ ـ ١٥و. وضعت التجارب اللاحقة في **كتاب المناظر**، المقالة الثانية، «خصائص الضوء» والمقالة الثالثة، «خصائص الأشعة الضوئية وكيف يحصل إشعاعها». حول النظريات الفيزيائية عن ابن الهيثم، انظر: Roshdi Rashed, «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham,» *Archive for History of Exact Sciences,* vol. 6, no. 4 (1969-1970), pp. 271-298 and especially pp. 274-276, and A. I. Sabra, «The Physical and the Mathematical in Ibn al-Haytham's Theory of Light and Vision,» paper presented at: *The Commemoration Volume of al-Biruni International Conference in Tehran* (Tehran: [n. pb.], 1976), pp. 439-478 and especially pp. 457-459.

(٧٤) انظر: ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والثانية، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الأوراق ٥ظ ـ ٨و. هناك براهين تجريبية أخرى لهذا المبدأ باستخدام جهاز مراقبة خاص بفتحتين متغيرتين (أفقية وعمودية) في «الرسالة حول ضوء القمر». انظر: Matthias Schramm, *Ibn al-Haythams Weg zur Physik,* Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 1 (Wiesbaden: F. Steiner, 1963), pp. 164-200.

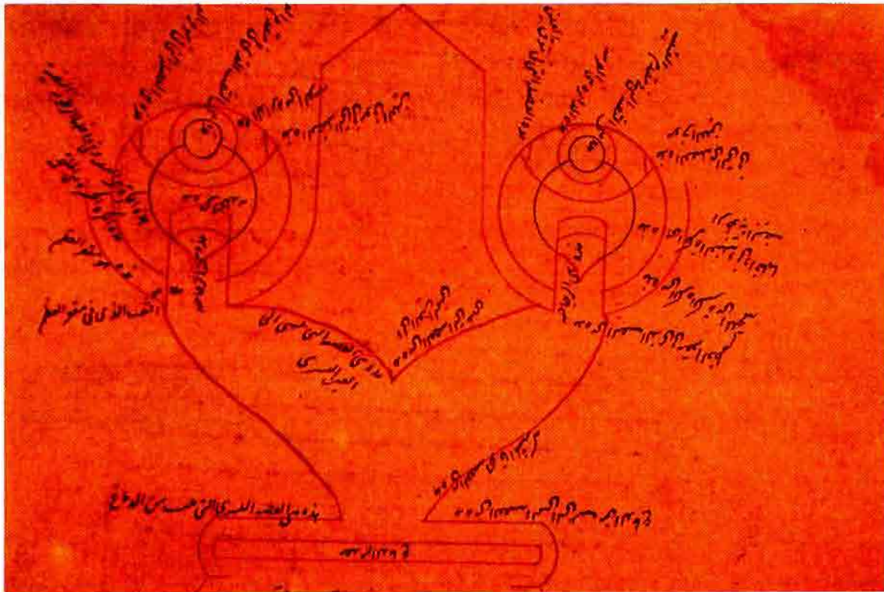


كمال الدين الفارسي، **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**
(طهران، مخطوطة سبهسلار، ٥٥١).

غيّر ابن الهيثم تماماً مفهوم «الأبصار»، فقبله كان الاتجاه الأهم عند الرياضيين خاصة هو فكرة الشعاع البصري، أي الشعاع الخارج من البصر إلى المبصر، إلا أن ابن الهيثم عكس الأمر وبيّن خروج الأشعة من المبصر الى البصر. وتطلّب هذا الموقف الجديد معرفة العين بصورة أفضل لفهم كيفية قبولها للضوء وكيفية تكوّن الصورة فيها.

ولكن علم التشريح، في ذلك الوقت، لم يكن على مستوى
يمكن معه معرفة العين على نحو تام.
نرى في هذه الصورة التي نقدمها كيفيّة هذا التصور
عند ابن الهيثم كما نقلها الفارسي.

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
([illegible] ١٥٥).
[illegible]
[illegible] (٥٨ - ٨)



الاتجاهات[٧٥]. ثم أثبت بعد ذلك أن الضوء يصيب العين بهذه الطريقة. ولتحديد ما إذا كان الضوء يشع انطلاقاً من سطح المصدر الضوئي كله، فقد استخدم ليس فقط الحجرات السود، بل أيضاً جهازاً يسمح بأخذ قياسات دقيقة. نذكر منها، على سبيل المثال، قنديل زيت مزوداً بفتيل عريض جداً، لكي يشكل مصدر ضوء ثابت وحاد، وموضوعاً أمام طرف أنبوب من النحاس، بحيث يمر القنديل عبر المركز لكي يشكل النحاس ما يشبه الغطاء الذي يمنع مرور أضواء طفيلية محتملة. كما توضع ستارة في مقابل الطرف الثاني من الأنبوب. وعندما نحرك المصدر الضوئي حول فتحة الأنبوب، تبقى النقطة الضوئية المسقطة على الستارة ثابتة بالنسبة إلى ٣٦٠ درجة دوران. وعندما نضيق فتحة الأنبوب، تستمر النقطة المضيئة بالظهور، على الرغم من أنها تصغر وتضعف. وهكذا، أثبت أن الضوء يشع بطريقة متساوية من كل أجزاء الفتيل ذي المقطع الواحد، أو أيضاً من كل النقاط وليس من جزء ما من المصدر الضوئي[٧٦].

وقد أظهرت دراسات ابن الهيثم المدققة والتفصيلية أن الأجسام الكمداء تستقبل الضوء من مصادر خارجية تنتج ضوءها الخاص بها (كالشمس)، وأن الضوء ينعكس على الأسطح الملساء والمصقولة في اتجاه يمكن التكهن به.

وبالعكس من ذلك، ينحرف الضوء بطريقة متفككة على أسطح خشنة وغير مستوية، بحيث يبقى جزء منه على السطح «ثابتاً» أو ممتصاً، وينحرف جزء آخر في جميع الاتجاهات، انطلاقاً من السطح، متبعاً خطوطاً مستقيمة. وبناء على ذلك، «فإن كل جسم يدرك بصرياً، يجب أن يكون إما مضاءً أو مضيئاً بذاته». وبكلمات أخرى، فإنه يشرح بوضوح أن إمكانية رؤية الأجسام تعود لانحراف الضوء. حتى ان الأجسام الشفافة التي تسمح بمرور الضوء، تملك درجة معينة من الكمدة لكي تحرف الضوء وتصبح بذلك مرئية. وبهذه الطريقة، أنشأ ابن الهيثم المبدأ البسيط، لكن المهم، والذي بمقتضاه نرى الأجسام العادية (أي غير المضيئة) فقط بواسطة الضوء المنحرف. هذا هو المبدأ الذي يشكل قاعدة نظريته عن النقاط المقابلة، مما يجعل مسألة الأشعة البصرية اللمسية و«النسخات المتماسكة» باطلة تماماً[٧٧].

وقد شرح ابن الهيثم الانكسار (سواء بالنسبة إلى الأسطح المستوية أو المقوسة)، استناداً إلى مبدأ مفاده أن سرعة الضوء تتأثر بكثافة الوسط الذي يمر به. فيأخذ في الاعتبار

(٧٥) هناك تجارب عديدة وضعت في: ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والثالثة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، انظر مثالاً عنها واضحاً، بوجه خاص في الورقتين ٢٥ظ ـ ٢٦ر.

(٧٦) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والثالثة، الأوراق ٢٢ر ـ ٢٥ر.

(٧٧) وصف ابن الهيثم في مقالته «في الضوء» المبادئ المستندة إلى التجارب من **كتاب المناظر**، انظر الترجمة النقدية، في: Roshdi Rashed, «Le Discours de la lumière d'Ibn al-Haytham (Alhazen),» *Revue d'histoire des sciences*, vol. 21 (1968), pp. 197-224.

عنصرين في حركة الضوء: العنصر الأول وهو عمودي متعامد مع السطح الذي يفصل الوسطين ويملك سرعة ثابتة، والعنصر الثاني وهو أفقي متوازٍ مع السطح ويملك سرعة متغيرة. وعند الانتقال من وسط إلى آخر أكثر كثافة (من الهواء إلى الماء مثلاً)، تنقص السرعة، في حين إنها تزداد عند الانتقال إلى وسط أقل كثافة (من الزجاج إلى الماء مثلاً). وقد استخدم ابن الهيثم هذا المبدأ لدراسة دور الأسطح الشفافة للعين في تشكل الصور(٧٨).

١ ـ من نسخات الأجسام إلى الصور المضيئة المسقطة

تقع تجارب ابن الهيثم عن الصور المضيئة المسقطة في قلب فرضياته عن العين والرؤية. فقبله كانت الصور تقترن بالمرايا وبالأسطح الأخرى الملساء بما فيها أجزاء العين(٧٩). وكان يتم شرحها إما بمصطلحات انحراف الأشعة البصرية، وإما بوجود

---

(٧٨) إن النتائج التجريبية لابن الهيثم حول الانكسار، والتي بيّنها في ثماني قواعد، قد أحصاها صبرا في: A. I. Sabra, «Ibn al-Haytham,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 6, p. 194.

وتمت مناقشتها، في: A. I. Sabra, «Explanation of Optical Reflection and Refraction: Ibn al-Haytham, Descartes, Newton,» paper presented at: *Actes du Xᵉ congrès international d'histoire des sciences, Ithaca, 1962* (Paris: [s.n.], 1964), vol. 1, pp. 551-554; Rashed: «Lumière et vision: L'Application des mathématiques dans l'optique d'Ibn al-Haytham,» pp. 30-44, et «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham,» pp. 293-296.

(٧٩) فيما يتعلق «بالصور» في المرايا وكذلك في العين، انظر: Galenus: *On Anatomical Procedures, the Later Books,* X, 3, 40; *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium,* X, 6, 479.

إن البحث الذي قام به جالينوس من أجل موضعة صورة البؤبؤية على السطح الأمامي للجليدية (على الغشاء العنكبوتي) قد تابعه: Ḥunayn Ibn Isḥâq, *Kitāb al-'ashar maqālāt fī al-'ayn al-mansūb li-Ḥunayn Ibn Isḥāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809-877 A. D.)* 109, pp. 36-37.

بخصوص التعبير عن نظريات الادخال، انظر أيوب الرهاوي (Job d'Edesse)، توفي بعد العام ٨٣٢، في: Ayyūb Al-Ruḥāwī, *Book of Treasures,* edited and translated by A. Mingana (Cambridge: Heffer, 1935), disc. 3, chap. 4, p. 134.

يدعم أيوب الرهاوي فكرة أنه مثلما يسقط ضوء الشمس على حائط انطلاقاً من أجسام نحاسية ملساء أو من أطباق فضية أو من سطح الماء أيضاً، «بنفس الطريقة عندما يصل ضوء الشمس إلى العين، فإنه يسبب في العين انعكاساً للأجسام أو للأشكال الخارجية». انظر أيضاً:

Abū 'Ali Husain Ibn 'Abd Allah Ibn Sīnā: «On the Soul,» in: Ibn Sīnā: *Kitāb al-Najāt (Avicenna's Psychology),* II, 27, fol. 30; *Le Livre de science,* p. 60, et *A Compendium on the Soul,* translated by Edward Abbott Van Dyck (Verona: Stamperia di N. Paderno, 1906), pp. 51-52, and Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* p. 49.

نسخات للأجسام(٨٠) وبتحديده لمفهوم الصورة البصرية، كتنظيم لمصادر نقاط ضوئية، فقد أحدث قطعاً مع تلك المقاربة التي تعتبر الرؤية كعملية نوعية. وللمرة الأولى، فإن مفهومه عن الأشعة البصرية المسقطة انطلاقاً من كل نقطة من سطح جسم على نقطة مقابلة من الستارة، يقدم لنا شرحاً نوعياً بسيطاً عن تشكل صورة.

ونحن لا نملك قبل ابن الهيثم أي إثبات أو معرفة مباشرة عن جهاز إسقاط صورة من خلال «ثقب إبرة» في حجرة مظلمة(٨١). ومع أنه فصّل بوضوح أسس هذه الحجرة المظلمة، إلا أن التجارب مع ثقب الإبرة لم يتم وضعها في كتاب المناظر. وقد استخدم بخاصة في أبحاثه حول الضوء أجهزة يمكن تسميتها بشكل أفضل «الحجرات بالأشعة»، وكانت تتألف من حجرات سوداء مجهزة بفتحات تسمح بإسقاط أشعة الضوء على حائط أو سطح أكمد. كما يمكن تضييق هذه الفتحات، المصممة وفقاً لقياسات دقيقة، حسب الرغبة(٨٢).

إن تجربة ابن الهيثم هذه، التي تقترب أكثر ما تقترب من الحجرة المظلمة، هي عبارة عن جهاز لإسقاط الضوء من خلال شق يمكن تضييقه، مؤلف من باب بمصراعين. وقد وضع عدة قناديل بشكل منفصل على مستوٍ أفقي مقابل الفتحة التي تطل على الحجرة السوداء (البيت المظلم). ووصف ظهور بقع ضوء على الحائط القائم وراء الأبواب، عندما يتم تضييق الفتحة إلى الحد الأدنى. كما لاحظ أنه إذا غُطّيت شعلة أحد القناديل، فإن البقعة المقابلة هي التي تختفي وحدها على الحائط وراء الفتحة. أما إذا رفعنا الغطاء عن الشعلة، فإننا نجد مرة أخرى بقعة الضوء في المكان نفسه تماماً.

---

(٨٠) يعود الترابط بين ظاهرة الرؤية وظهور «نسخة» على البؤبؤ إلى ديموقريطس، انظر: Crombie, *The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope*, p. 6, note (9), and Lindberg, Ibid., p. 3.

(٨١) حول أول ظهور في مصدر عربي لـ «البيت المظلم» في القرن التاسع قادم من أعمال اليونانيين حول المرايا المحرقة، انظر: A. I. Sabra, «Ibn al-Haytham and the Visual Ray Hypothesis,» in: S. H. Nasr, ed., *The Ismaili Contributions to Islamic Culture* (Tehran: [n. pb.], 1977), p. 204, note (19).

كان الواقع، أن الضوء المار عبر فتحة يُسقط صورة عن مصدره، معروفاً ووُصف، على سبيل المثال، في *Problemata* الأرسطية المزعومة وفي وصف عن الأعمال الإسلامية *De Speculis* لإقليدس المزعوم. انظر: David C. Lindbreg, «The Theory of Pinhole Images from Antiquity to the Thirteenth Century,» *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 5 (1968), pp. 154-176, reprinted in: Lindberg, *Studies in the History af Medieval Optics*.

هنا يُستخدم مصطلح «ثقب الإبرة» بمعنى أكثر شمولاً عن فتحات باتساع وأشكال مختلفة معدّة لتشكيل الصور.

(٨٢) فيما يتعلق باللحظة التي توصل فيها ابن الهيثم إلى مفهوم الشعاع أو «أصغر عنصر من الضوء»، بالعلاقة مع الفتحات، انظر: Sabra, Ibid., pp. 191-192.

أ ـ الاستشهاد الأول: «. . . في موضع واحد عدة سرج في أمكنة متفرقة وكانت جميعها مقابلة لثقب واحد وكان ذلك الثقب ينفذ إلى مكان مظلم وكان مقابل ذلك الثقب في المكان المظلم جدار لو قوبل الثقب بجسم كثيف فإن أضواء تلك السرج تظهر على ذلك الجسم أو ذلك الجدار متفرقة وبعدد تلك السرج وكل واحد منهما مقابلاً لواحد من السرج على السمت المستقيم الذي يمر بالثقب. وإذا سُبر واحد من السرج، بطل من الأضواء التي في الموضع المظلم الضوء الذي كان يقابل ذلك السرج الذي ستر فقط وإن رُفع الساتر عن السراج عاد ذلك الضوء إلى مكانه»(٨٣).

سنلاحظ أن التجربة قد وضعت مباشرة من جديد، بشكل تعليمات تشير إلى كيفية تكرارها بسهولة. وفي هذا المثل الثاني، عندما يكون الشق بين البابين مغلقاً، تاركاً فقط ثقباً صغيراً جداً مقابل القناديل، يتنبأ ابن الهيثم أن بقعاً ضوئية منفصلة ستظهر مجدداً على الحائط بشكل مطابق لعدد القناديل، كما أن كل بقعة تتعلق بمدى اتساع «الثقب».

ب ـ الاستشهاد الثاني: «وإنْ ستر المعتبِر الفرجة التي انفرجت من الباب وبقي منها ثقباً صغيراً فقط وكان الثقب مقابلاً للسرج فإنه يجد على حائط البيت أضواء متفرقة أيضاً بعدد تلك السرج وكل واحد منها بحسب مقدار الثقب. . .»(٨٤).

إن إلحاحه على إثبات أن الإسقاط يتعلق باتساع الفتحة ذو مغزى كبير، على الرغم من أنه لا تظهر سوى بقع ضوئية وليس صورة واضحة ونقية (أي القنديل). ومع ذلك، فإن هذه التجربة لا تشكل مثالاً حقيقياً عن الحجرة المظلمة. إنها أيضاً شكل آخر للحجرة بالأشعة، مجهزة هذه المرة بشق متغير عوضاً عن الفتحة. وفي الواقع، فقد استخدمت الحجرة لإظهار أن الأشعة الضوئية المنفصلة تمر من خلال فتحة، بخطوط مستقيمة، دون أن تتداخل أو تمتزج حتى وإن تقاطعت، ودون أن تؤثر على الوسط الشفاف (الهواء) الذي تجتازه. وقد اهتم ابن الهيثم بتبيان أن المبدأ نفسه ينطبق على كل الأوساط الشفافة بما فيها الغلافات المختلفة للعين.

ج ـ الاستشهاد الثالث: «فالأضواء، إذن، ليس تمتزج في الهواء بل كل واحد منها يمتد على سموت مستقيمة ويتميز بالسموت التي يمتد عليها. . . ولا تمتزج صور الألوان

---

(٨٣) انظر: ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والسادسة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الورقتان ١١٥و ٩ ـ ١١٥ظ ٦.

(٨٤) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الورقتان ١١٥ظ ٧ ـ ١١٦و ٤.

ولا ينصبغ الهواء بها بل تكون كل صورة من صور الألوان المختلفة المتفرقة متميزة سموتها. . . وكذلك حال جميع الأجسام المشفة تمتد صور الأضواء والألوان فيها ولا تمتزج ولا تنصبغ الأجسام المشفة بها وكذلك طبقات البصر المشفة تنفذ فيها صور جميع الألوان والأضواء التي تقابل البصر في وقت واحد ولا تمتزج الصور فيها ولا تنصبغ هي بها فأما العضو الحاس الذي هو الرطوبة الجليدية فليس قبوله لصور الألوان والأضواء كقبول الهواء والأجسام المشفة غير الحساسة. . .»[٨٥].

ويتمثل ابتكاره في استخدام عدة قناديل، لا واحداً فحسب، وهي تشكل عدة مصادر منفصلة للضوء في الفضاء. وبفضلها استطاع بدقة تحديد تقابل وتعاكس الإسقاط بالنسبة إلى محور أفقي. وكان من المنطقي تكرار حساب هذا المحور الأفقي وتعميم هذا الحساب على كل المحاور الأخرى. لقد كان ابن الهيثم قادراً بدون أدنى شك، انطلاقاً من تجربة كهذه، على تكوين مفهوم واضح للمبادئ الأساسية حول الإسقاط من خلال ثقب الإبرة. فدراسته اللاحقة عن تعاكس الصورة في العين توحي أنه، في لحظة ما، قد أجرى تعميماً من هذا النوع[٨٦].

وقد قدم إسقاط المصادر الضوئية المتعددة، من خلال شق بفتحة متغيرة، حقلاً تجريبياً إلى ابن الهيثم بالحدود الدنيا، لكنه مع ذلك كان كافياً لتأسيس نظرية انطلاقاً من هذا الحقل. وتقول نظرية ابن الهيثم إن إسقاط الضوء المنعكس بواسطة سطح جسم والمنطلق لتكوين صورة على ستارة، يكون بالتقابل نقطة بنقطة. إن المقارنة الضمنية بين العين وحجرة الأشعة هي التي قادته إلى إجراء تركيب لعلم البصريات ولعلم التشريح.

٢ ـ العين كجهاز بصري

وكما درس ابن الهيثم، بطريقة منهجية، انتشار الضوء بمعزل عن تأثيره على العين، فإنه وصف تشريح العين بشكل تفصيلي قبل أن يصوغ فرضيته عن تشكل الصورة في الرؤية. ولم يظهر أهمية العين الوظيفية كنظام بصري إلا بعد أن وضح تنظيمها التركيبي. وهكذا عالج، وللمرة الأولى بشكل منفصل، ما يمكن تسميته تخصيصاً التشريح «الوصفي»

---

(٨٥) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الورقتان ١١٦و ٤ ـ ١١٦ظ ١٣.

(٨٦) في الرسالة «مقالة في صورة الكسوف،» التي كتبت بعد **كتاب المناظر**، يظهر ابن الهيثم دون غموض فهمه لمبادئ «الحجرة المظلمة» بثقب إبرة ولإسقاط صورة واضحة، آخذاً بعين الاعتبار قطر الفتحة والمسافة بين الستارة والجسم المسقط. كانت هذه الرسالة موضوع عدد كبير من الدراسات، انظر:
Sabra, Ibid., pp. 195-196, and Matthias Schramm, «Die Camera Obscura Effektes,» in: Schramm, *Ibn al-Haythams Weg zur Physik*, pp. 202 - 274.

والتشريح «الوظيفي» للعين[٨٧]. وبما أن أعماله في وصف العين غالباً ما نقلت بشكل سيئ، لذلك لا بد من تقديم وصف مفصل عنها وقريب من النص العربي[٨٨].

أ ـ التشريح الوصفي

ابتدأ ابن الهيثم، وبعد اعتباره العين زائدة مباشرة للدماغ، بوصف الأعصاب البصرية كقناتين منفصلتين تأتيان من أغشية الدماغ. وتبرز هذه الأغشية من جوانب الجزء الأمامي للدماغ وتتلاقى لتشكل التصالب البصري (العصب المشترك أو المفصل الموجود على الخط المتوسط). وبعد افتراقها من جديد، تلتحق بمحجر كل عين، بحيث يدخل العصب البصري «المجوف» إلى هذا المحجر من خلال الثقب، ثم يتوسع ليصبح العين ذاتها. وتقع المقلة في التجويف العظمي المحجري. ويكون الحيز الواقع بين هذا التجويف والمقلة مملوءاً بطبقة دهنية مغذية[٨٩].

وقد درس ابن الهيثم كل جزء من العين، آخذاً بالارتقاء بطريقة منظمة صارمة. فقبل كل شيء، تفحص امتداد القناة الخارجية للعصب البصري الذي يشكل الصلبة بالإضافة إلى القرنية. وسجل ثانياً أن القناة الداخلية تشكل «العنبة» أو الغلاف «العنقودي»، التي تتضمن الجسم الهدبي والقزحية وغلاف المشيمة. وعلى الرغم من أن هذا الوصف مطابق بأمانة لتشريح جالينوس الأولي، إلا أنه توجد اختلافات مهمة تتعلق بالمقاربة[٩٠]. وعلى سبيل

---

(٨٧) التشريح الوصفي موجود في الفصل الخامس، والتشريح الوظيفي في الفصل السابع من: ابن الهيثم، **كتاب المناظر**.

(٨٨) يلفت مصطفى نظيف الانتباه إلى وصف ابن الهيثم التفصيلي للعين، في دراسته المهمة بمجلدين حول أبحاث ابن الهيثم البصرية. انظر: مصطفى نظيف، **الحسن بن الهيثم: بحوثه وكشوفه البصرية**، جامعة فؤاد الأول، كلية الهندسة؛ المؤلف رقم ٣، ٢ج (القاهرة: مطبعة نوري، ١٩٤٢ ـ ١٩٤٣)، ج ١، القسمان ٤٨ ـ ٤٩، ص ٢٠٥ ـ ٢١٧. إن تفسيره لتشريح العين عند ابن الهيثم، المصور على شكل رسم بياني (ص ٢١١)، والذي أخذ كمرجع، هو لسوء الحظ مغلوط.

(٨٩) للحصول على تفسير صحيح لتشريح ابن الهيثم الوصفي، من الضروري الأخذ بعين الاعتبار أنه يستخدم المصطلحات نفسها لتسمية عدة تراكيب مختلفة. مثلاً، إن مصطلح الملتحمة، بالإضافة إلى المعنى الخاص به، يشير كذلك إلى الدهن المحجري (الذي أُخذ، بشكل خاطئ، على أنه غلاف في التفسيرات الحديثة)، ويشير إلى الصلبة (التي يشير إليها أحياناً بمصطلح بياض الملتحمة). في كل حالة، إن الاستخدام أو الإسناد المعين للمصطلح يمكن تحديده انطلاقاً من وصفه، الذي هو دقيق وتفصيلي، ومن المضمون دون أي غموض.

(٩٠) ما نعلمه عن معرفة ابن الهيثم بنصوص جالينوس (وعن الموجزات المفقودة التي أنجزها حول النصوص)، يصلنا من العمل التأريخي الطبي لابن أبي أصيبعة (١٢٠٣ ـ ١٢٧٠). انظر: أبو العباس أحمد بن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، تحقيق ونشر أ. مولر (القاهرة؛ كونغسبرغ: [د.ن.]، ١٨٨٢ ـ ١٨٨٤)، ج ٢، ص ٩٠ ـ ٩٨. كان له مدخل إلى المخطوطة الأصلية من السيرة الذاتية =

المثال، فإن منطقة العين الواقعة خلف القزحية، والتي تطابق الحجرتين الخلفية والزجاجية للعين، تشكل ما يسميه ابن الهيثم بمجموعه «كرة العنبة»[٩١]. والسطح الأمامي من هذه الكرة الكمداء مغطى بالقزحية التي يشكل بؤبؤها المركز، والبؤبؤ هو الفتحة المدورة الواقعة بالضبط أمام قمع العصب البصري. كذلك فإن البؤبؤ والقزحية مغطيان بالقرنية، وهي غلاف قاسٍ وشفاف يشكل امتداداً للصلبة[٩٢]. وقد تم وصف السطحين الداخلي والخارجي لهذه القرنية بعناية تامة، كما تم اعتبارهما متوازيين بسبب سماكتهما الثابتة. وأما الحيز الواقع أمام القزحية، وكذلك الحيز الواقع خلفها، فهما ممتلئان بسائل مائي شفاف يملك كثافة الزلال. وهذا السائل هو في تماس مع السطح الداخلي المقور للقرنية وكذلك في تماس في البؤبؤ مع الجانب الداخلي للجليدية. ويظهر هذا الشرح أن ابن الهيثم قد

= لابن الهيثم، وإلى لائحة بأعمال هذا الأخير، انظر: G. Nebbia, «Ibn al-Haytham nel millesimo anniversario della nascita,» *Physis*, vol. 9, no. 2 (1967), pp. 179-180,

حيث توجد لائحة بثلاثين عنواناً تحت باب «الطب». فيما يتعلق بالرابط بين السيرة الذاتية لابن الهيثم و*De libris propriis* وكذلك «De methodo medendi» (الموجودة بالعربية في ترجمة حنين بن إسحق)، انظر: Franz Rosenthal, «Die Arabische Autobiographie,» *Studia Arabia* (Analecta Orientalia; 14), Bd. 1 (1937), pp. 3-40; G. Strohmaier, «Galen in Arabic: Prospects and Projects,» in: V. Nutton, ed., *Galen: Problems and Prospects* (London: [n. pb.], 1981), pp. 187-196, and Matthias Schramm, «Zur Entwicklung der Physiologischen Optik der Arabischen Literatur,» *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften*, Bd. 43 (1959), p. 292.

حول تقويم للمصادر ومراجع أكثر أهمية، انظر: Sabra, Ibid., pp. 189-190 and 209.

(٩١) انظر: ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والخامسة، مخطوطة فاتح (٣٢١٢)، الورقة ٧٣ ظ ٥.

(٩٢) هنا أيضاً يستخدم المصطلح نفسه (العنبية) للإشارة إلى عدة تراكيب مختلفة: القزحية والغشاء العنبي (أي الجسم الهدبي ومشيمة العين التي اعتبرت كامتداد للقناة الداخلية للعصب البصري)، والحجرة العنبية التي هي في المصطلحات الحديثة اتحاد الحجرات الخلفية والزجاجية. هذا لا يتطابق مع الاستخدام الجالينوسي، الذي بموجبه لا تعني العنبة، أو الغلاف «بشكل عنقود»، سوى القزحية والجسم الهدبي وليس مجموع غلاف مشيمة العين. انظر: Galenus, *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium*, p. 475.

يستخدم ابن الهيثم مصطلح «القمع» ليصف انتشار العصب البصري. تجدر الإشارة إلى أن القمع العربي كان مخروطياً بشكل مدوّر، كما نرى ذلك في رسائل بني موسى في الميكانيك (القرن العاشر): انظر: Ibn Shākir, *The Banū (Sons of) Mūsā Ibn Shākir: The Book of Ingenious Devices (Kitāb al-ḥiyal)*,

ونرى ذلك أيضاً عند الجزري (القرن الثاني عشر)، انظر: Abu al-Izz Ismail Ibn al-Razzaz al-Jazarī, *A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts*, critical edition by Ahmad Y. al-Hasan (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979); english translation: *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*, translated with notes by Donald Routledge Hill (Dordrecht; Boston: Reidel Publishing Company, 1974),

أُدين بهذا التأكيد لدونالد هيل (Donald Hill).

تعرّف بشكل جيد للغاية على حجرات العين الأمامية والخلفية[٩٣].

وراء البؤبؤ بالضبط تقع عدسة، وصفت كجسم بحجم صغير، كما نعتت كجسم «مشابه للجليد» بسبب طبيعتها الشفافة[٩٤]. أما سطحها الأمامي الشبيه بظاهر عدسة، فهو مسطح تبعاً لتقوس العنبة أي القزحية[٩٥]. ووراء الجليدية تقع الرطوبة الزجاجية أو «سائل شبيه بالزجاج». والعصب، الذي يمتد على شكل قمع والذي يحتوي على الرطوبة الزجاجية، موصول بالجسم الهدبي وبالجليدية وذلك على مستوى محيطه الاستوائي. ويعتبر ابن الهيثم أيضاً الجليدية والرطوبة الزجاجية كجسم واحد مؤلف من جزءين متمتعين بشفافية مختلفة. وترتكز حجته هذه على الشكل الكروي المركب للجسمين[٩٦].

يضاف إلى ذلك أن الأجزاء السائلة كمثل الرطوبة المائية والجليدية والرطوبة الزجاجية، هي محصورة بأغشية العين المختلفة التي تحدد وتحافظ على الأشكال الكروية لهذه الأجزاء. وعلى سبيل المثال، فإن السائل المائي ليس محصوراً في القرنية والعنبة (الجسم الهدبي والقزحية) فحسب، بل كذلك إلى الوراء في غلاف دقيق للغاية يسمى «العنكبوتية». وهذه الأخيرة تغطي بدورها الجليدية والسائل الزجاجي. أما المقلة فهي مثبتة في المحجر بواسطة الصلبة[٩٧].

وفي الوقت نفسه، فإن بعض العناصر من التشريح الجالينوسي تبدو موجودة، كالعصب البصري «الأجوف»، والثقب البصري الواقع مقابل البؤبؤ بدل أن يكون منحرفاً

---

(٩٣) إن وصف ابن الهيثم لحجرات العين الأمامية والخلفية لم يؤخذ به أيضاً. لا يُظهر رسم نظيف البياني حجرة أمامية بين القرنية والقزحية. انظر النسخة عن هذا الرسم، في: Sabra «Ibn al-Haytham and the Visual Ray Hypothesis,» p. 192.

(٩٤) يستخدم مصطلح «العدسة» هنا ببساطة للإشارة إلى البنية، دون تماثل مع المفهوم الحديث لآلة التركيز البؤري، التي لا تملك أية علاقة مع استخدام ابن الهيثم.

(٩٥) انظر: ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والخامسة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الورقتان ٧٣ظ ـ ٧٤و.

(٩٦) المصدر نفسه، المقالة الأولى؛ المقالة الخامسة، الورقة ٧٤و-ظ، والمقالة السابعة، الورقة ١٣٠و ١٠ ـ ١٣.

(٩٧) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسابعة، الورقتان ١٣٠ظ ١١ ـ ١٣١ظ ١ ـ ٥. اعتبرت «العنكبوتية» في أعمال حنين بن إسحق، ولاحقاً في أعمال وصف التشريح العيني كأعمال علي بن عيسى، كغلاف دقيق يغطي الجزء الأمامي من الرطوبة الجليدية. لكن ابن الهيثم يستخدم المصطلح بشكل مختلف. تحافظ العنكبوتية على الشكل الكروي المركب من الجليدية والرطوبة الزجاجية وتشكل الغلاف الداخلي الأخير في مؤخر العين. على أساس دراسته للغلافات التي تحافظ على الشكل الكروي للأجزاء السائلة من العين، يمكن اعتبار أن العنكبوتية هي امتداد للشبكية. مع ذلك لا توجد عند ابن الهيثم أية إشارة إلى الشبكية أو إلى المشيمية. وبما أن الشبكية تشكل جزءاً متمماً في وصف تشريح العين لجالينوس، يمكن فقط الاستنتاج بأن ابن الهيثم لم يسقطها سهواً، بل أبعدها عمداً، مثل أي شيء آخر يبدو له دون علاقة مع التشريح الوظيفي. كذلك لا توجد أية إشارة إلى عدد الغلافات أو السوائل الموجودة داخل العين، ولا إلى «غذاء» الجليدية، خلافاً للوصف التقليدي.

قليلاً نحو الأنف بالنسبة إلى البؤبؤ، والجليدية المتصلة مباشرة مع السائل الزجاجي، وأخيراً وجود غلاف «عنكبوتي»[(٩٨)]. ويقدم لنا ابن الهيثم، بالإضافة إلى بعض الاختلافات النوعية، عرضاً خالياً من التنميق، متجنباً اتباع نموذج الشرح الغائي حول تركيب النظرية النوعية للرطوبات وأمزجتها. فقد كان هذا الشرح ملازماً للتشريح التقليدي[(٩٩)]. إن ابن الهيثم يتميز بتركيز فكره بقوة على شكل ووضع وحالة أجزاء العين، وإصراره بحزم على أن هذه الأجزاء ثابتة وأن العلاقات المتبادلة بينها مستقرة[(١٠٠)].

ثم بعد أن شرح كيفية تركيب العين، قدم مساهمته الأكثر أصالة، وهي دراسة مفصلة عن الأهمية الوظيفية لهذا التشريح بصفته نظاماً بصرياً. ونجد الدليل على هذه المساهمة في وصفه للجليدية ولمحور العين.

ب ـ التشريح الوظيفي

وبخلاف شروحاته السابقة عن الجليدية التي اعتبرها ببساطة «مسطحة» أو «بشكل عدسة»، قدم ابن الهيثم وصفاً دقيقاً للشكل «ثنائي التحدب» لهذا الغشاء، وذلك بالاستناد إلى اختلاف الطول الشعاعي لسطحيه الأمامي والخلفي[(١٠١)]. وقد عبر بوضوح أن السطح

---

(٩٨) للمقارنة، انظر: Galenus, *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium*, X, pp. 643-503,

وحول وصف الأعصاب بالعلاقة مع الدماغ، انظر: Galenus, *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, pp. 3-8,

وحول «العين» انظر بشكل خاص: Galenus, *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*, VII, 5.22-30.

(٩٩) يظهر هذا الاختلاف واضحاً انطلاقاً من تعريف الجليدية كـ«شبيهة بالجليد». عند ابن الهيثم، يعود ذلك إلى طبيعة شفافيتها، بحيث إن جزءاً منها كثيف (غليظ)، وإن جزءاً آخر صافٍ (شفيف)؛ بينما يتم الإرجاع عند علي بن عيسى إلى طبيعتها «الباردة» و«الجافة». انظر: J. Hirschberg and J. Lippert, *'Alī b.'Isā* (Leipzig: [n. pb.], 1904), pp. 8-10, and Casey Albert Wood, *Memorandum Book of a Tenth Century Oculist for the Use of Modern Ophthalmologists*, a translation of the Tadhkirat of Ali Ibn Isa of Baghdad (Evanston, Ill.: Northwestern University Press, 1936), book 1, chap. 20.

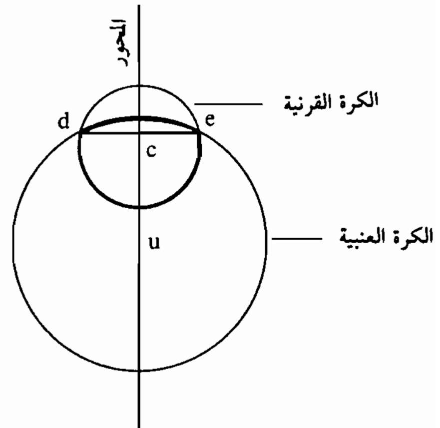
العمل الأول هو وصف موضوعي للميزات التي يمكن ملاحظتها، في حين أن العمل الثاني هو دراسة نوعية مستندة إلى مذهب نظري يكشفه عنوان الفصل، «عن طبيعة العين وأمزجتها». عن هذه المقاربة بالذات يبتعد ابن الهيثم بوضوح.

(١٠٠) لا نملك أي أثر يسمح بمعرفة ما إذا كانت العلاقات الحيّزية بين تراكيب العين، قد درست قبل ابن الهيثم. وكما لاحظ شرام بدقة، فإن ما ينقص وصف جالينوس، بالرغم من المعنى الكبير فيما يخص التفصيل، هو إشارات دقيقة إلى العلاقات الحيّزية بين هذه التراكيب. انظر:

Schramm, «Zur Entwicklung der Physiologischen Optik der Arabischen Literatur,» p. 290.

(١٠١) في الوصف التقليدي، يشار إلى شكلها الكروي «المسطح» بالعلاقة مع «واقع أنها أقل تعرضاً للجرح، وأنها تملك سطحاً أكبر للتماس مع انطباعات الأجسام، والتي تواكبها البنوما». انظر: =

الأمامي للجليدية يشكل جزءاً من سطح كروي أكثر امتداداً من السطح الكروي للجزء الباقي (أي السطح الخلفي للجليدية): «وفي مقدم هذه الكرة تسطيح يسير يشبه تسطيح ظاهر العدسة، فسطح مقدمها قطعة من سطح كري أعظم من السطح الكري المحيط ببغينها وهذا السطح مقابل للثقب الذي في مقدم العينية ووضعه منه وضع مشابه وهذه الرطوبة تنقسم بجزءين مختلفي الشفيف أحدهما يلي مقدمها والجزء الآخر يلي مؤخرها»[١٠٢]. واعتبر أن سطحي الجليدية ينتميان إلى كرتين مختلفتين، إحداهما أكبر من الأخرى (الشكل رقم (٢٠ ـ ١)). وهذا يعني أن التقوس الأمامي للجليدية إذا امتد، فإنه سيحيط آنذاك بمؤخر العين وسيمثل محيط الكرة الكبرى، متضمناً بذلك الجليدية والرطوبة الزجاجية. تحتوي الكرة الكبرى، إذن، على الجليدية والرطوبة الزجاجية. إن تحليلاً كهذا يأتي مترابطاً تماماً مع وصفه السابق الذي يطرح مسلمة مفادها أن الجليدية والرطوبة الزجاجية، عندما يتم جمعهما في جسم واحد، فإنهما يملكان شكلاً كروياً. كما أنه أيضاً موافق لتصوره عن وحدانية «الكرة العنبية»، التي تمثل في العين كل المنطقة الواقعة وراء القزحية، وتتضمن هناك أيضاً الجليدية والرطوبة الزجاجية[١٠٣].



الشكل رقم (٢٠ ـ ١)

يمثل عين ابن الهيثم التي تشتمل على: تقاطع كرتين بحجمين مختلفين، واحدة صغيرة وأخرى كبيرة، حيث تشكل منطقة التقاطع الجليدية. يشكل العمود على وتر التقاطع المحور البصري. تعني (c) **المركز القرني** و(u) **المركز العنبي**.

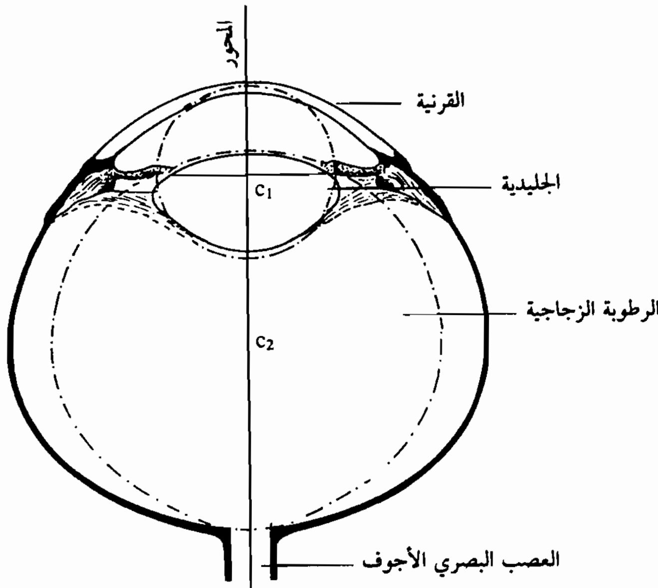
Galenus, *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium,* X, 6, 15, and Ḥunayn = Ibn Isḥāq, *Kitāb al-'ashar maqālāt fī al-'ayn al-mansūb li-Ḥunayn Ibn Ishāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809-877 A.D.),* pp. 3-4.

حول دراسة للجليدية بمصطلحات هندسية، قام بها جالينوس، انظر: Schramm, Ibid., p. 199, note (1) and p. 200, note (1), and Max Simon, *Sieben Bücher Anatomie des Galen* (Leipzig: [n. pb.], 1906), book 2, pp. 35-36.

(١٠٢) ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والخامسة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الورقة ٧٤و ٤ ـ ٧.

(١٠٣) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والخامسة، الورقتان ٧٤و ١٠ ـ ١٣ و٧٥ظ ٦ ـ ١٠، والمقالة السابعة، الورقة ١٣٠و.

وبالمقابل، فإن التقوس الشعاعي للسطح الخلفي للجليدية، وهو الأقصر، يشكل امتداداً للسطح الأمامي للقرنية. وبذلك تكون الكرة الصغرى مؤلفة من الجليدية والقرنية. وقد دافع ابن الهيثم كذلك عن هذا الموضوع في وصفه للسطح الداخلي المقعر للقرنية في تقاطعها مع العنبة، التي هي محدبة (هنا اعتبرت القزحية كسطح كروي)، والتي تشكل عندئذٍ امتداداً للسطح الخلفي للجليدية(١٠٤). وتتقاطع هاتان الكرتان المؤلفتان على هذا الشكل عند ملتقى الجسم الهدبي والجليدية. كما أن موقعهما النسبي هو أيضاً مبيّن باختلاف شعاعيهما، أما مركز الكرة الكبرى فهو أكثر عمقاً في المقلة من مركز الكرة الصغرى(١٠٥). إن هذا التحليل يتطابق تماماً مع تشريح ابن الهيثم الوصفي (الشكل رقم (٢٠ ـ ٢)).



الشكل رقم (٢٠ ـ ٢)
منظر بياني للعين بمقطع طولي. إن الرسم المنقط الذي يصور عين ابن الهيثم المؤلفة من كرتين، قد رُكب على الرسم الطبيعي وذلك لتوضيح ملاءمة وضعه التشريحي. غير أن العصب البصري يقع مباشرة مقابل البؤبؤ خلافاً لوضعه الصحيح، حيث هو منحرف نحو الأنف.

---

(١٠٤) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والخامسة، الورقتان ٧٦و ٨ ـ ١٣ و٧٦ظ ٨ ـ ١٠.

(١٠٥) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والخامسة، الورقتان ٧٥ظ ـ ٧٦و. يلفت ابن الهيثم الانتباه إلى أن السطح الخارجي للقرنية يشكل جزءاً من المقلة، كامتداد للصلبة وليس بسبب مركز نصف قطري مشترك.

يصف ابن الهيثم، إذن، التقاطع مختلف المركز لكرتين مختلفتين، إحداهما صغيرة، والأخرى كبيرة، ومنطقة التقاطع بينهما هي الجليدية. لذلك لم يعد الأمر يتعلق بعين متحدة المركز «مورَّقة كبصلة». فقد تم وصف سطحَي الجليدية كأسطح كروية تتقاطع[١٠٦]. وفي هذا التحليل، يكون موقع الجليدية محصوراً، دون التباس، أمام القرنية (الشكل رقم (٢٠ ـ ٢)). ويصبح مركز العين بطبيعة الحال مركز الكرة العنبية الكبرى، الواقعة وراء الجليدية في الرطوبة الزجاجية.

سمح كذلك هذا التركيب لابن الهيثم بأن يرسم محوراً للعين، بواسطة جمع المركزين المنفصلين للكرتين بواسطة خط مستقيم متعامد مع وتر تقاطع الكرتين ومقسِّم هذا الوتر إلى جزءين بزاوية قائمة (الشكل رقم (٢٠ ـ ١)). ويعدد ابن الهيثم بعناية الميزات المحدِّدة لهذا المحور. إنه يمر في مركز المقلة، وإذا مددنا طرفيه، فإنه يمر في آن معاً عبر مركز البؤبؤ وعبر مركز قمع العصب البصري[١٠٧]. ويتحدد تعريفه الوظيفي من جديد بوصفه التشريحي، الذي بمقتضاه يقع العصب البصري مباشرة أمام البؤبؤ، بدل أن يكون منحرفاً قليلاً نحو الأنف. وبناءً عليه، فإن هذا الوصف يضع بشكل خاطئ على خط واحد مركز التقوس الخلفي مع مركز العصب البصري، وقد وقع ابن الهيثم، الذي حاول للمرة الأولى أن يحدد محوراً للعين بمصطلحات هندسية، تحت تأثير الفرضيات التشريحية الوافدة من التقليد الجالينوسي.

إن تحديد هذا المحور هو أساسي من أجل مقاربته الكمية لتشكل الصور على قاعدة النقاط المقابلة. فهو محور بصري، تقع عليه مراكز جميع أوساط العين الكاسرة للضوء (الوسط المائي، الرطوبة الزجاجية، الجليدية، القرنية). وبفضله، يمكن الحفاظ على تقابل الموقع الطوبولوجي لكل نقطة بين الجسم والصورة، عند الحركات الجامعة للعين (حيث يتلاقى محورا العينين على نقطة من سطح الجسم)، وعند الحركات المترافقة (حيث ينتقل محورا العينين سوية) أثناء انتقال النظر من جسم إلى آخر[١٠٨].

عندما يتعمق ابن الهيثم في تحديده لهذا المحور، فإنه غالباً ما يغير مصطلحات الإسناد، منتقلاً من الكرات إلى الأسطح، متفحصاً العين في مقطع طولي كما في مقطع جبهي (الشكل رقم (٢٠ ـ ٣)). وهذا التمييز هام للغاية، ففي كل حالة ترتكز سلسلة العلاقات الموصوفة على مستويات تشريحية مختلفة. وعندما يتفحص العين في مقطع طولي، فإن مراكز أجزاء العين تكون متراصفة على امتداد المحور الطولي (الشكل رقم (٢٠ ـ ٣أ)).

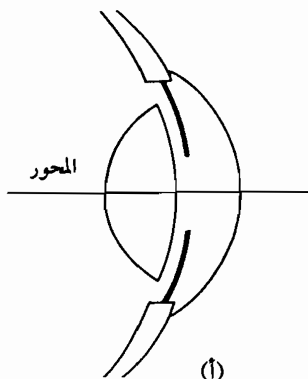
---

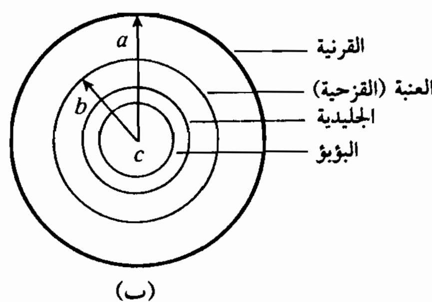
(١٠٦) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والخامسة، الورقتان ٧٦ʼ ٨ ـ ١٠ و٧٨ʼ ٨ ـ ١٣.

(١٠٧) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والخامسة، الأوراق ٧٦ʼ ٥ ـ ٧٨ظ.

(١٠٨) يظهر ابن الهيثم، بالاستناد إلى حركات العين المتقاربة، ضعف حجة بطلميوس، الذي يرتكز إلى الشعاع المركزي أو المحوري لمخروط الرؤية. فيما يتعلق بالمقطع المذكور، المأخوذ من مؤلف لابن الهيثم **الشكوك على بطليموس**، انظر: Sabra, «Ibn al-Haytham's Criticisms of Ptolemy's Optics,» pp. 145-149 and especially pp. 147-148.

وعندما يقارن المواقع النسبية للقرنية وللقزحية وللبؤبؤ وللجليدية بالنسبة إلى هذا المحور ويؤكد على امتلاكها للمركز نفسه، فإنه يتفحص العين آنذاك تبعاً لمستوٍ جبهي في ذلك الموضع، حيث تبدو المراكز (على الرغم من كونها تقع واحداً وراء الآخر على طول المحور) في نقطة واحدة (الشكل رقم (٢٠ ـ ٣ ب)). وعلى سبيل المثال، فمع أن شعاع القرنية أطول من شعاع القزحية، فإن مركزهما يبقى هو نفسه. وهذا يعني أنهما تملكان شعاعين مختلفين، يأتيان ظاهراً من المركز نفسه الواقع على المحور الطولي للعين (الشكل رقم (٢٠ ـ ٣أ))[١٠٩].





الشكل رقم (٢٠ ـ ٣)
منظران بيانيان للعين تبعاً لمستويين تشريحيين مختلفين.
منظر طولي (أ)، حيث المراكز فيه تتراصف على المحور، ومنظر جبهي (ب)، حيث تقع فيه كل المراكز في نقطة واحدة. (a) و(b) يعنيان الخطين الشعاعيين.

---

(١٠٩) انظر: ابن الهيثم، المصدر نفسه، المقالتان الأولى والخامسة، الأوراق ٧٦و ٦ ـ ١٠ و٧٨ظ (خصوصاً ٨ ـ ١٤) ـ ٨٠ظ.

وقد أدى واقع عدم تمييز تغير المنظور في هذه الأسطح المستوية التشريحية المنفصلة إلى تفسير سيىء لإصرار ابن الهيثم على هذا المركز المشترك. إن خلط السطحين المستويين الطولي والجبهي على المستوى نفسه (أي المحور المار بنقطة واحدة والمراكز الواقعة في نقطة واحدة) هو الذي أنتج التصور المغلوط في القرون الوسطى عن «العين البصلة» متحدة المركز والتي نسب مصدرها إلى ابن الهيثم[(١١٠)].

وقد تميزت دراسته لتشريح العين بوصف موضوعي لأجزائها، تبعاً لتدرج منطقي منظم بدقة، كما تميزت، حسب علمنا، بأول تحليل مفصل في علم البصريات الفيزيولوجي، لعلاقات أجزاء العين في الفضاء بمصطلحات وظيفية. إن أصالة طريقته التشريحية تدشن ابتعاداً حاسماً عن المقاربة التقليدية. فهو لم يجعلها مثالية لكي تكون ملائمة لوصف بمصطلحات هندسية، كما أنه لم يُعدَّها لكي تلبي حاجات موقف نظري، مثلما كان الافتراض سابقاً[(١١١)]. إن التحليل الوظيفي الذي قدمه يرتكز كلياً على تشريحه الوصفي، الذي كان أكثر دقة من التشريح الوارد في النصوص الطبية (الشكل رقم (٢٠ ـ ٢)). وقد استطاع، وهو يتفحص بانتباه النسب في التركيب، أن يلاحظ بوضوح أن الجليدية هي ثنائية التحدب وأن يحدد بشكل صحيح موقعها المتقدم. كما استطاع أيضاً، وهو يصوغ وصفه بطريقة كمية أي بمصطلحات نسبية، أن يحدد محوراً بصرياً في العين. وهذا ما يظهر إلى أي مدى كانت البديهية المركزية لبصرياته الفيزيولوجية راسخة في تدقيقاته التشريحية.

٣ ـ الصورة المسقطة والعين

يمكن تفسير فرضيات ابن الهيثم عن الرؤية والعين كسلسلة محاولات هادفة إلى التوفيق بين مفهومه لإسقاط الصورة والتركيب التشريحي للعين. إن مثل هذا النموذج وضعه أمام صعوبات مهمة تصورية وتقنية، عندما طبقه على العين المزودة بفتحة كبيرة، أي البؤبؤ، وبأسطح كاسرة شفافة. كما وجد نفسه، بالإضافة إلى ذلك، في صراع مع صورتين، واحدة لكل عين، في حين أن إدراكنا للعالم هو موحد.

أ ـ المسألة الأولى: اتساع الفتحة ـ البؤبؤ

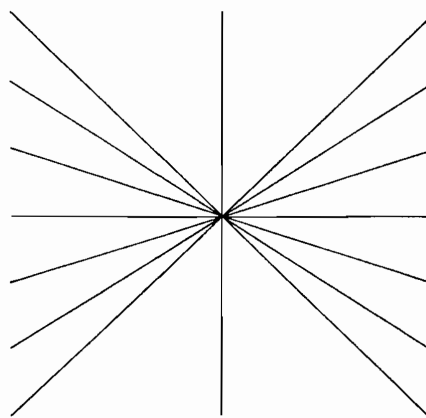
تحصن ابن الهيثم بتجاربه على الفتحات المتغيرة، لذلك كان يعرف تماماً أن الإسقاط بواسطة مصدر ضوئي في حجرة سوداء يتعلق باتساع الفتحة، وأنه لا يمكن الحصول على

---

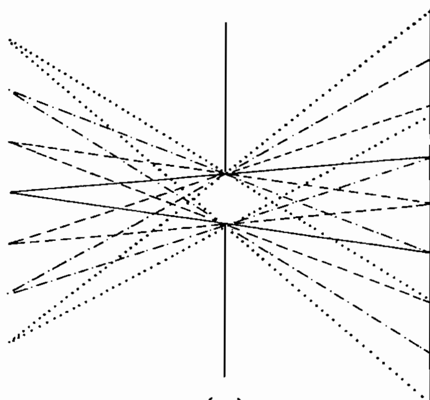
(١١٠) نجد مثالاً على ذلك بشكل رسم بياني في النشرة المطبوعة للترجمة اللاتينية لـ **كتاب المناظر**، انظر: Abū ʿAlī al-Ḥasan Ibn al-Ḥasan Ibn al-Haytham, *Opticæ Thesaurus. Alhazeni Arabis Libri Septem... Item Vitellonis Thuringopoloni Libri X*, edited by Federico Risnero (Basel: Per Episcopios, 1572), reprinted (New York: Johnson Reprint Corporation, 1972).

(١١١) Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, p. 69.

صورة جلية إلا بواسطة فتحة يكون اتساعها في حده الأدنى[١١٢]. فتضييق الفتحة إلى الحد الأدنى يعمل كجهاز استبعاد يصفي الأشعة الضوئية العديدة الآتية من كل نقطة في سطح الجسم، ولا يدع سوى شعاع واحد يمر، وبذلك يسمح بإقامة تطابق نقطة بنقطة (الشكل رقم (٢٠ ـ ٤أ)). وعلى العكس من ذلك، فعندما تملك كل نقطة من الجسم تصويراً متعدداً (أي في حالة الفتحة المكبَّرة)، فإن رسوم الأشعة تمتزج في بقعة غير جلية وتضيع الصورة (الشكل رقم (٢٠ ـ ٤ب)).



(أ)



(ب)

الشكل رقم (٢٠ ـ ٤)

إسقاط الضوء من خلال ثقب الإبرة (أ) ومن خلال فتحة (ب).

في (أ) تتمثل كل نقطة ـ جسم بشعاع واحد؛ بينما في (ب) تملك كل نقطة تصويراً متعدداً.

---

(١١٢) ابن الهيثم، **كتاب المناظر**، المقالتان الأولى والسادسة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الورقتان ١١٥ظ ٧ ـ ١٦و ٤.

تلك هي المسألة التي كانت تطرح نفسها فيما يتعلق بالعين: إن فتحتها، أي البؤبؤ هو كبير جداً، لذلك فهو لا يستطيع أن يصفي الأشعة المتعددة التي تصل إليه في آن معاً من كل نقطة من سطح جسم مرئي. فكيف يمكن عندئذٍ الحفاظ على التطابق نقطة بنقطة بين الجسم والعين[١١٣]؟ ومع أن ابن الهيثم وصف الرطوبة الجليدية كجسم كاسر ثنائي التحدب، إلا أنه لم يرَ فيها عدسة قادرة على إتمام وظيفة التركيز البؤري في العين. وبالتالي، فإن الحل الذي اقترحه كان مستلهماً من بدايات الميكانيك بدلاً من بصريات الانكسار. وقد استنتج، بالاستناد إلى ملاحظات تجريبية، أن الصدم الذي تحدثه الإسقاطات العمودية على الأسطح هو وحده قوي، بشكل كافٍ، لكي يسمح لها بالدخول، في حين إن الإسقاطات المائلة تنحرف. ولكي يشرح مثلاً ظواهر الانكسار عند انتقال الضوء من وسط خفيف إلى وسط أكثر كثافة، استخدم تشابهاً مأخوذاً من الميكانيك: تُقذف كرة معدنية على صفيحة أردواز دقيقة موضوعة على ثقب عريض تم إحداثه في صفيحة معدنية. فإذا قذفت الكرة عمودياً، فإنها تحطم الأردواز وتمر إلى الجانب الآخر. أما إذا قذفت مائلة، بقوة مماثلة ومن مسافة مساوية، فإنها لا تستطيع تحطيم الأردواز. وكان ابن الهيثم يعرف أيضاً بفضل ملاحظاته، أن ضوءاً حاداً مباشراً يجرح العين. وقد ربط بين الأضواء «القوية» والأشعة العمودية وبين الأضواء «الضعيفة» والأشعة المائلة، مطبقاً بذلك تشابهاً مأخوذاً من الميكانيك على دراسة تأثير الأشعة الضوئية على العين. وكان الجواب البدهي على مسألة وفرة الأشعة بالنسبة إلى العين هو في اختيار الشعاع العمودي، طالما أنه لا يمكن أن يكون هناك سوى شعاع واحد من هذا النوع قادر على دخول العين انطلاقاً من كل نقطة من سطح الجسم[١١٤].

(١) الأشعة العمودية: مبدأ المصفاة

استبعد ابن الهيثم، بتركيزه فقط على الأشعة العمودية على سطح العين، كل الأشعة المائلة أو العرضية. وهكذا، انطلاقاً من كل نقطة من جسم ما، يدخل شعاع واحد مباشر أغشية العين، وتحتفظ مجموعة من هذه الأشعة «الفردية» بالترتيب الذي كانت تملكه نقاطها المصدرية على سطح الجسم. وبهذه الطريقة يكون هناك تطابق نقطة بنقطة بين الجسم المرئي والصورة في العين. وما يقترحه ابن الهيثم هو، في الواقع، طريقة بديلة تكمن في تصفية الأشعة المتعددة القادمة من كل نقطة من الجسم، للحصول في النهاية على واحد فقط منها

(١١٣) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الورقة ٩٧و، والمقالة الثانية، الثانية (II, ii)، الورقة ٧ظ.

(١١٤) حول مناقشة استخدام ابن الهيثم لتشابيه ميكانيكية للانكسار، انظر: Sabra, «Explanation of Optical Reflection and Refraction: Ibn al-Haytham, Descartes, Newton,» and Rashed, «Lumière et vision: L'Application des mathématiques dans l'optique d'Ibn al-Haytham,» pp. 28-32 et 44.

(على النقيض من ظاهرة ثقب الإبرة أو من التركيز البؤري بواسطة الجليدية).

وقد قدم ابن الهيثم العناصر الأساسية إلى هذه الفرضية في تحليله الوظيفي لتشريح العين. إن وصفه لها بكرتين، حيث تمثل الجليدية تقاطعهما، يحدد القرنية كقسم من الكرة الصغرى والسطح الأمامي للجليدية كقسم من الكرة الكبرى. إن خطاً طولياً ماراً عبر المركزين الكرويين للكرة الصغرى أي القرنية وللكرة العنبية، يسمح له بإعطاء تحديد دقيق لمحور تتراصف عليه جميع الأسطح الشفافة الكاسرة، ويكون متعامداً مع جميع أسطح العين. وبواسطة هذا المحور يمكن تحديد وإبقاء التطابق بين الموقع الطوبولوجي لكل نقطة من سطح الجسم والموقع الطوبولوجي لكل نقطة من العين.

ويقدم ابن الهيثم إثباتاً مدعماً بحجج صارمة بحيث إن مراحله الأساسية متميزة بوضوح. قبل كل شيء يعتبر أن النظر هو في استقبال ما يتلقاه من شكل (أي من ضوء ولون) الأشياء المرئية، . . . وفقط في استقبال الأشكال التي تصله وفق خطوط معينة. . . كما يعتبر أن شكل أي نقطة من الشيء المرئي يصل إلى العين الموجودة أمامه وفق عدة خطوط مستقيمة مختلفة وأن العين لا يمكنها إدراك دقائق شكل الشيء بترتيبها الموجود على سطح هذا الشيء ما لم تتلقَّ العين الأشكال بالخطوط المستقيمة العمودية على سطح العين وعلى العضو الحساس (أي الجليدية). وأخيراً يبين أن الخطوط المستقيمة لا يمكنها أن تكون عمودية على هذين السطحين ما لم يكن مركزاهما موجودين على نقطة واحدة مشتركة. هنا، يتم الإسناد إلى العين في منظورها الجبهي، حيث يتقارب المركزان الكرويان، أي مركز سطح القرنية ومركز الجليدية، في نقطة واحدة (أي على المحور)؛ وبكلمات أخرى، يصدر شعاعاهما المختلفان من المركز نفسه (الشكل رقم (٢٠ ـ ٣ب)). بالتالي، فهو يعتبر أن العين لا تدرك أياً من الأشكال التي تصلها إلا بالخطوط المستقيمة الوهمية الموجودة بين الشيء المرئي ومركز العين وهي خطوط عمودية على جميع سطوح وأغشية العين (الشكل رقم (٢٠ ـ ٣أ))[(١١٥)].

إن سبب هذا الاختيار لأشعة عمودية هو أيضاً مصاغ بوضوح، إذ يقول إن وقع الأضواء الواصلة بخطوط عمودية أقوى من وقع تلك التي تصل بخطوط مائلة. وبالتالي فمن العدل أن تحس الجليدية في كل نقطة من سطحها بالشكل الواصل إلى هذه النقطة على امتداد الخطوط العمودية دون أن تحس في هذه النقطة بالشكل الواصل على امتداد الخطوط المنحرفة[(١١٦)]. كان همه الرئيسي، إذن، هو التطابق نقطة بنقطة. وفي استبعاد الأشعة

---

(١١٥) انظر: ابن الهيثم، المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الأوراق ٩٧ظ ـ ٩٨و و١٠٠ظ ـ ١٠٥و.

حول ترجمة كاملة لهذا المقطع، انظر: Sabra,«Ibn al-Haytham and the Visual Ray Hypothesis,» pp. 193-205.

(١١٦) ابن الهيثم، المصدر نفسه، المقالتان الأولى والرابعة، الورقة ٩٠ظ.

الساقطة الأكثر ضعفاً يكمن المبدأ الغامض عن مصفاة محدودة القوة مشتقة من مفهوم الصدم الميكانيكي.

(٢) حساسية الجليدية

إن ملاحظات ابن الهيثم، فيما يختص بتأثير ضوء حاد على العين، لم تدعم مبدأه عن مصفاة القوة فحسب، بل سمحت له أيضاً بشرح الإحساس البصري كتجربة مشابهة للألم. إن ضوءاً حاداً يسبب الألم، في حين أن أنواعاً أخرى من الضوء أقل حدة تجعل العين أقل حساسية بالنسبة لهذا الألم[١١٧].

وبالنسبة إلى ابن الهيثم، فإن الجليدية، سواء أكانت «شبيهة بالثلج» أم ذات طبيعة بلورية، هي جسم شفاف يسمح للضوء بالدخول وفقاً لمبادئ علم البصريات. لكنه في الوقت نفسه جسم كثيف، بما يكفي، لكي يحتفظ بالضوء وقتاً كافياً لتسجيل الإحساس. وبالتالي، فإنه يتميز عن الأوساط الشفافة الأخرى التي تنقل الضوء فقط دون أن تتأثر به[١١٨]. وبما أن ابن الهيثم يربط تأثير الضوء على الجليدية بسلسلة تجارب عن الحساسية، بدءاً بفقدان الإحساس ووصولاً إلى الألم الحاد تبعاً لكمية الضوء المسلط، فإن حساسية الجليدية في رأيه تملك وظيفة تقديم معلومات عن قوة / صدم الضوء. إن الاهتمام الذي يعيره إلى أهمية وظائف القزحية والعنبة يؤكد وجهة نظره هذه. ففي اعتقاده أن القزحية والعنبة تقدمان سطحاً مظلماً وأكمد داخل الكرة العنبية في العين، أي حجرة سوداء، حيث إن أضعف الأضواء يمكن تمييزه[١١٩].

ب ـ المسألة الثانية: عكس الصورة المسقطة

إن عكس الصورة الجانبية، الذي عرضه ابن الهيثم في تجربة القنديل، يقدم له نموذجاً تصورياً عن إسقاط الصور المرئية بنقاط متطابقة. فبالنسبة إليه، يثبت الاختبار تجريبياً إن إسقاطات كهذه هي بالضرورة معكوسة، آخذين بعين الاعتبار تقاطع الأشعة الضوئية المارة عبر فتحة صغيرة. وهذا يعني أنه عند تطبيق مثل هذا النموذج على الرؤية، فإنه ينبغي التوفيق بين عكس الصورة (أفقية وعمودية) وتصور حقيقي عن عالم طبيعي (في المكان).

---

(١١٧) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والرابعة، الورقة ٦٧و، والمقالة السادسة، الورقتان ١٠٧و ـ ١٠٨و.

(١١٨) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الأوراق ١٠٦ظ ـ ١٠٧و و١١٧و ـ ١١٨و.

(١١٩) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسابعة، الورقة ١٣٠ظ.

(١) محاولات للحل (ميكانيك بصريات العين)

إن وصف ابن الهيثم للعين، التي يصورها بشكل قسمين من كرتين متقاطعتين، هو أساسي لشرحه إسقاط الصور في العين. وقد ألح، بتحديده الأشعة التي تنقل نقاط التطابق، على واقع أن تكون هذا الأشعة عمودية في آن معاً على سطح القرنية وعلى سطح الجليدية. كما طابق أيضاً مسارها مع الخطوط الشعاعية الوافدة من المركز الجبهي للعين. ويظهر سبب إلحاحه هذا في تصوره عن التركيب التشريحي للعين. وبالإضافة إلى ذلك، فإن حججه التي تبرز تحديده لهذه الأشعة بالنسبة إلى الخطوط الشعاعية تصبح مفهومة، عندما نأخذ بشكل منفصل مركز كل واحدة من الكرتين المكونتين للتقاطع. ويمكن حل تشابك الاستدلال عنده بإعادة بناء المراحل التي تؤلف صياغته النظرية لإسقاط الصور في العين (الشكل رقم (٢٠ ـ ٥)).

إذا راقبنا العين في مستوٍ طولي، نستطيع أن نرى:

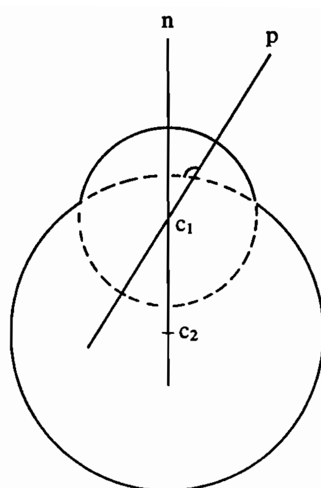
(أ) ان شعاعاً عمودياً على القرنية (أي على محور شعاعي بالنسبة إلى مركز الكرة الصغيرة، أي القرنية) سيكون عرضياً على السطح الأمامي للجليدية (الشكل رقم (٢٠ ـ ٥أ)). وبصفته عرضياً، سيكون أضعف من أن يمر من خلال الجليدية لكي يشكل صورة.

(ب) وبالعكس، فإن شعاعاً عمودياً على سطح الجليدية (أي على محور شعاعي بالنسبة إلى مركز الكرة العنبية الكبيرة) سيكون عرضياً على القرنية (الشكل رقم (٢٠ ـ ٥ب))، وهذا يعني أنه سيكون أضعف من أن ينفذ.

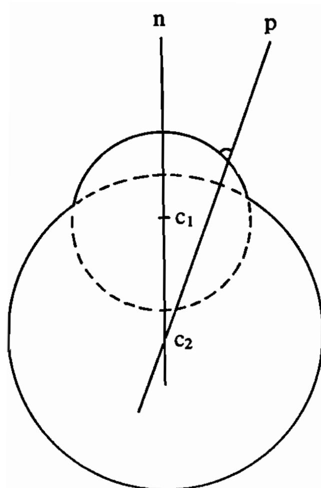
(ج) ولكي يشكل شعاع ما صورة، يجب أن يكون عمودياً في آن معاً على القرنية وعلى الجليدية. وهذا لا يتم إلا بطريقة واحدة، أي بالانكسار (الشكل رقم (٢٠ ـ ٥ج)). إن الشعاع العمودي على السطح القرني (وهو شعاعي في مركز الكرة الصغيرة) ينكسر عمودياً على السطح الأمامي للجليدية، ليمر بعد ذلك عبر المركز الثاني الشعاعي للكرة العنبية.

(د) ومع أن الأشعة تكون عندئذٍ عمودية على السطحين، عندما تمر في مركز الكرة العنبية للعين، فإنها ستتباعد وستكون الصورة معكوسة في مؤخر العين.

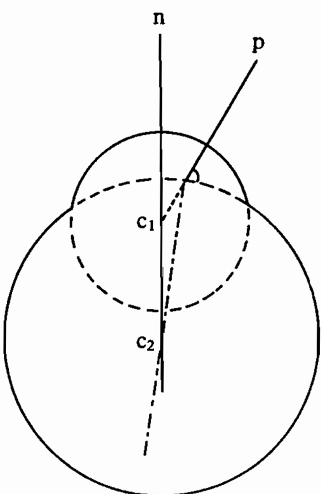
(هـ) وبما أن الصورة المعكوسة تتناقض مع إدراكنا لعالم قائم في المكان، لذلك فإنها لا يمكن أن تكون حقيقية أو مطابقة للواقع. وبالتالي، يطرحُ ابن الهيثم فكرة انكسار ثان على السطح الخلفي للجليدية. وإذا أخذنا بعين الاعتبار اختلاف الكثافة البصرية بين الجليدية والجسم الزجاجي، فإن الانكسار يتم خارج المحور باتجاه الناظم، كي يحافظ على تقاطع الأشعة في المركز، ويبقي بذلك على الاتجاه العمودي للصورة في مؤخر العين (الشكل رقم (٢٠ ـ ٥د)).



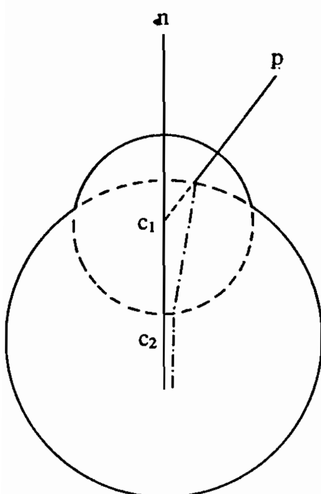
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

الشكل رقم (٢٠ ـ ٥)

رسم بياني لتصورات ابن الهيثم عن تشكل الصور في العين،
باستخدام مبادئ الأشعة العمودية والانكسار (انظر النص من أجل شرح مفصل).
(n) تعني الناظم و(p) تعني العمود.

(و) إن دافع الأشعة الضوئية، بمحافظته على ترتيب تطابق النقاط وعلى اتجاهه العمودي، يسقط على تجويف العصب البصري الأجوف، ويصل إلى تصالب العصب المشترك.

يقدم ابن الهيثم بهذه الطريقة حلاً لائقاً لمسألة تشكل الصور في العين، مزاوجاً ما بين البصريات والتشريح. ومع أن أجوبته مغلوطة، فإنه مع ذلك يقدم وللمرة الأولى شرحاً عن الآلية الانكسارية التي تضم وظائف أجزاء العين المختلفة.

(٢) الانكسار: اتساع مبدأ المصفاة

لنلاحظ أن ابن الهيثم لم يصر بطريقة حازمة على موقفه النظري المتعلق بتشكل الصورة في العين. وبالعكس من ذلك، كان يطور فرضياته باستمرار مع تقدم معارفه في علم البصريات. فعندما اكتشف تجريبياً أن الأشعة العرضية تنقل أيضاً معلومات بصرية نحو العين، غير موقفه النظري. وقد أشار مثلاً إلى أن جسماً صغيراً، إبرة أو قلماً، يمكن رؤيته حتى عندما نمسكه بالقرب من الطرف الصدغي للعين، بينما الأخرى تكون مغمضة. وبما أنه لا يمكن رسم أي خط عمودي في هذا الوضع بين نقطة من الجسم والعين، لذلك فإنه يتعذر رؤية الجسم إلا بالانكسار. ومرة أخرى، فإن جسماً صغيراً (إبرة) جرى إمساكه قرب إحدى العينين، بينما الأخرى تكون مغمضة، لا يغطي نقطة ـ جسماً موضوعة مباشرة وراءه على الخط نفسه (المحور) القادم من مركز العين. وبما أنه لا يمكن رؤية النقطة ـ الجسم إلا تبعاً لشعاع مائل، لذلك ينكسر الشعاع بالضرورة على سطح العين. وقد أشار كذلك إلى أن الإبرة تبدو أكثر عرضاً، وشفافة، بحيث تسمح برؤية ما يقع وراءها. فقد لاحظ أن رسوماً دقيقة على الحائط تكون مرئية بشكل تام، ولا تحجبها الإبرة عندما تكون هذه الأخيرة موجودة قرب العين. وانطلاقاً من هذه الملاحظات، توصل ابن الهيثم إلى استنتاج مفاده أن الطريقة الوحيدة لإدراك الأجسام المرئية تكون بالانكسار. وقد كان مدركاً تماماً أن هذه المسألة لم تلاحَظ ولم تُشرح مطلقاً قبل أن يقوم هو بهذا العمل[١٢٠].

إذا اعتبرنا أن مسلمة ابن الهيثم «نرى بالانكسار» هي «مساهمته الأصيلة» (في المقالة السابعة من **كتاب المناظر**)، فإن هذه المسلمة تبدو مناقضة للواقع الذي يستبعد فيه تماماً الأشعة المنكسرة، وفق ما جاء في المقالة الأولى. ويتعلق الأمر، في الواقع، بتطور مهم لمبدئه عن التصفية على أساس الأشعة العمودية. فعندما دمج الانكسار مع فرضيته عن تشكل الصورة، لم يغب عن ذهنه مبدأ مصفاة القوة. فقد أثبت أن النظام البصري للعين لا يستطيع تصفية كثرة الأشعة الصادرة من كل نقطة من جسم ما إلا على أساس العمودية

---

(١٢٠) انظر: Sabra, Ibid., pp. 193-194, and Rashed, «Lumière et vision: L'Application des mathématiques dans l'optique d'Ibn al-Haytham,» pp. 40-41.

منها. لذلك، لكي يحافظ على التطابق نقطة بنقطة بين الجسم والصورة، فإنه لا يعتبر، مرة أخرى، الأشعة فعالة، إلا تلك التي تنكسر عمودياً. وبهذه الطريقة، استبعد كل الأشعة الأخرى العرضية. وقد تم تحديد الانكسار العمودي على السطح الأمامي للقرنية وللجليدية، بالنسبة إلى مركزيهما الكرويين (الشكل رقم (٢٠ ـ ٥ج)). وبذلك، فقد كانت الأشعة مدركة، كما لو أنها كانت تتبع خطوطاً شعاعية قادمة من المركز الجبهي للعين.

وما يقترحه ابن الهيثم في هذا المجال ليس متناقضاً على الإطلاق. إنه انتقال من موقف أولي يفترض تماثلاً مطلقاً، حيث تُعتبر الأشعة العمودية المباشرة هي الفعالة فقط، إلى موقف يفترض تماثلاً نسبياً ويدرج بعض الأشعة العرضية؛ وبشكل أكثر دقة، تلك الأشعة التي تنكسر عمودياً. وتبقى الأشعة العمودية هي القاسم المشترك لهذه الفرضيات عن النقاط المتطابقة. ومع ذلك، يشكل إدراج الانكسار عنده خطوة مهمة في الانتقال من حل ميكانيكي لمسألة الصورة المسقطة إلى حل بصري.

ج ـ المسألة الثالثة: الشفع (ازدواجية الصور ووحدة التجربة البصرية)

تحتل الحاجة إلى عرض التجربة الذاتية لوحدة الإدراك حيزاً مركزياً في كل محاولات تفسير الآلية الفيزيولوجية للرؤية. إن المسألة، وبكلمات أخرى، هي التالية: كيف يمكن تفسير امتلاكنا إدراكاً وحيداً، في حين أن استخدام العينين يفترض إنتاج رؤية مزدوجة أو شفع. وكان اليونانيون قد أحسوا بالحاجة الواضحة إلى توحيد «النسخات» النوعية النافذة إلى العين، فحددوا موقع هذا التوحيد في التصالب المسمى «العصب المشترك». وقد قدم بطلميوس تفسيرات مشابهة على أساس العلاقة التماثلية القائمة بين المخروط البصري لكل عين. كما قدم جالينوس أيضاً تفسيرات على أساس التراصف التشريحي التام للعينين (وبكلمات أخرى، يجب أن يكون البؤبؤان على المستوى نفسه، كما يجب أن تكون الأعصاب البصرية على السطح المستوي نفسه). وقد أصرا على أن الشعاع المركزي يصل إلى وسط الجسم المرئي، بحيث تكون قواعد المخروطين البصريين متحدة عند حصول التماس[١٢١].

غير أن الحل الذي قدمه ابن الهيثم، والناتج عن هذا الانتقال، يرتكز على تكافؤ كمي دقيق بين المعلومات الحاسية لكل عين. فكل دافع يقطع قناة العصب البصري، محتفظاً بمعلوماته (تنظيمه الفضائي)، ليندمج في العصب المشترك قبل أن يصل إلى الجزء الأمامي من الدماغ[١٢٢]. وعلى الرغم من أننا لا نعرف جيداً إلى أي مدى ترتكز هذه العملية على

(١٢١) حول مقارنة شروحات جالينوس بشروحات بطلميوس، انظر: Siegel, *Galen on Sense Perception*, pp. 103-117.

(١٢٢) ابن الهيثم، كتاب المناظر، المقالتان الأولى والسادسة، مخطوطة فاتح ٣٢١٢، الورقتان ١١٢ظ ـ ١١٣ظ.

مبادئ بصرية، إلا أن النقاش الذي يقترحه ابن الهيثم حول السرعة غير المحسوسة التي بها يصل دافع الإحساسات إلى التصالب، يوحي بتشابه مع انتقال الضوء في حجرة بالأشعة. فهو يقول إن الضوء يدخل تجوف العصب المشترك، بالطريقة نفسها التي ينفذ فيها الضوء عبر فجوات أو فتحات، إلى الأشياء (الجدران، الشاشات) الموجودة قبالة هذه الفتحات[١٢٣]. وهنا أيضاً يصف إسقاطاً نقطة بنقطة وتراكباً لصورتين صادرتين من العينين. وبكلمات أخرى، تتحد مقاييس حاسية منفصلة في «العصب المشترك»، وإذا تراكبت بإحكام، فإنها تندمج في جوهر واحد[١٢٤].

وتلعب حركة العينين، بالنسبة إلى ابن الهيثم، دوراً أساسياً في اندماج أو تراكب عملية التكامل ثنائي العينين. إن حركات متقاربة متساوية هي ضرورية للحفاظ على التطابق الموضعي الطوبولوجي للصورة في كل عين. كما أن حركات مترافقة للعينين، تحصل عند انتقال النظر من جزء من الجسم إلى جزء آخر أو من جسم إلى آخر، تملك الوظيفة نفسها. فعلى سبيل المثال، عندما ينظر المراقب إلى جسم مرئي، موجهاً بؤبؤه في اتجاهه، فإن محوري العينين يتقاربان في نقطة ما من سطح الجسم. وعندما يرفع هذا المراقب عينيه فوق الجسم المرئي، فإن المحورين يتجهان سوية فوق جميع أجزاء سطحه. ويستحيل توجيه عين نحو جسم مرئي وإبقاء العين الأخرى في حالة سكون إلا إذا تم إرغامها على ذلك[١٢٥].

يحصل الشفع، أو الرؤية المزدوجة، عندما لا تكون الصورتان متراصفتين في الفضاء، أي عندما ينظر المراقب إلى جسم ما بإحدى العينين ويحرف العين الأخرى. في هذه الحالة لا يكون الدافعان على السجل الطوبولوجي نفسه، بسبب تفاوت الصورتين في العين، وبذلك لا يمكن حصول أي اندماج في التصالب، مما يسبب رؤية مزدوجة. ولا يبدو هنا أن ابن الهيثم قد استخدم تباين الصور «المطابقة» في كل عين، لكي يفسر إدراك العمق[١٢٦].

الإحساس والإدراك

لو تأملنا المنطق الداخلي لتحليل ابن الهيثم، لرأينا أن ما يحدد الإحساس البصري عنده هو «الصورة» الموجودة في التصالب والمنقولة بالقناة البصرية وصولاً إلى الجزء الأمامي من الدماغ[١٢٧]. إنه لا يفسر الرؤية، لا عن طريق تشكل صورة في العين ولا بتوحيد صورتين صادرتين عن العينين بواسطة التصالب. لقد فهم تماماً أن عملية الرؤية تبقى ناقصة

---

(١٢٣) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والثانية، الورقتان ٤٤ظ ـ ٤٥و.

(١٢٤) المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الأوراق ١٠٨ظ ـ ١١٤و.

(١٢٥) انظر الهامش رقم (١٠٨) السابق.

(١٢٦) انظر: Schramm, «Zur Entwicklung der Physiologischen Optik der Arabischen Literatur,» p. 234.

(١٢٧) ابن الهيثم، المصدر نفسه، المقالتان الأولى والسادسة، الورقة ١١٣و-ظ.

إذا لم يشرح كيف أن رسماً من نقاط ضوء ولون يمكن إدراكه كجسم بثلاثة أبعاد، يقع على مسافة ويملك قياساً وشكلاً ووضعاً وكذلك حركة معينة. وبالتالي، فإن الصورة الموجودة في العين، بما تمثله من مادة خام للإحساس البصري، يتم تفسيرها خلال سلسلة عمليات ذهنية، تستخدم التعرف والاستدلال والمعارف السابقة والذاكرة والمقارنة.

ما نراه هو، إذن، نتيجة ملاحظة جرى التحقق منها بواسطة فعل «الكاشف النهائي» أو «قدرة التمييز». إنه تفسير بسيكولوجي معقد لما تقدمه لنا حاسة الرؤية[١٢٨].

خاتمة

لقد أظهر ابن الهيثم أن ما ينتج الإحساس ليس الجسم نفسه، بل ما ينتجه هو نقاط من الضوء لا تعد ولا تحصى، منعكسة من سطح الجسم وصولاً إلى العين، وتسمح هذه النقاط بإحساس «الصورة البصرية» المشكلة وفقاً لمبادئ البصريات. إن تعرفنا الحاسي على العالم الخارجي لا يكون، إذن، مباشراً وفورياً، بل هو غير مباشر ويتعلق بتفسيرنا لأحاسيسنا (تجميع نقاط الضوء واللون) على مستوى الإدراك. وبالنسبة إلى الإرث اليوناني، فإن مقاربة ابن الهيثم للرؤية تمثل تغييراً في المفاهيم يحيل إلى العدم صحة النظريات السابقة.

لقد ميز ابن الهيثم في الشرح الذي قدمه عن الرؤية بين: أ ـ ميكانيك الرؤية (مسار مستقيم للضوء من خلال أغشية العين) الذي لا يعالج إلا الأسباب الميكانيكية ويستبعد الأحاسيس؛ ب ـ الإحساس (بواسطة الجليدية والتصالب) الذي لا يشتمل على التعرف إلى الأجسام الخارجية؛ ج ـ تفسير الأحاسيس البصرية بالروح أو «الحاسية النهائية» التي تعالج ما تقدمه حاسة الرؤية إليها، وتسمح بإدراك العالم الخارجي.

بالإضافة إلى ذلك، وبفضل ابن الهيثم، فإن التشريح الذي كان في السابق تتمة غير فعالة أحياناً وأحياناً أخرى فعالة، بالنسبة إلى ما يدور من نقاش حول الرؤية، قد أصبح الشريك الأساسي للبصريات متساوياً معها في الأهمية، إذ إن فهم الرؤية يتطلب أكثر فأكثر تركيباً للتشريح (للبيولوجيا) ولفيزياء الضوء. لذلك تدين البصريات الفيزيولوجية بوجودها لهذا الاتحاد. وفي الواقع، فقد انتقلت دراسة الرؤية من المسألة الإجمالية وهي «كيف ندرك نحن العالم الخارجي بحاسة النظر» إلى سلسلة مسائل مختصة تثيرها تضمينات مفهوم الصورة البصرية المشكلة من نقاط والموجودة في العين. أما المسائل المختصة فهي: أ ـ الحفاظ على التطابق نقطة بنقطة بين الجسم والصورة؛ ب ـ عكس الصورة وإدراك حقيقي (في المكان) للجسم؛ ج ـ وحدة الإدراك أو اندماج ثنائي العينين لصورتين منفصلتين آتيتين من كل

---

(١٢٨) أُعدت هذه النظرية في الكتاب الثاني. انظر: A. I. Sabra, «Sensation and Inference in Alhazen's Theory of Visual Perception,» in: Machamer and Turnbull, eds., *Studies in Perception: Interrelations in the History of Philosophy and Science,* pp. 169-185.

واحدة من العينين؛ د ـ تمييز بين الصورة كتركيب ذي بعدين في العين وإدراكها كجسم بثلاثة أبعاد بواسطة الروح/الدماغ. وقد أصبحت هذه المسائل مركزية فيما بعد، وحددت اهتمامات علم البصريات الفيزيولوجية وصولاً إلى ديكارت وما بعده.

لا يوجد حتى الآن أي إثبات يؤكد أن تضمينات نظرية ابن الهيثم عن تطابق النقاط قد استخدمت في العلوم الإسلامية، باستثناء كمال الدين الفارسي (نحو العام ١٣٢٠م)[١٢٩] الذي جمع في أبحاثه البصريات والتشريح معاً. فقد تابع في مؤلفه **تنقيح المناظر**، المستند إلى أعمال ابن الهيثم، الدراسات الاختبارية حول دور الأشعة الساقطة في تشكل الصورة في العين. وأثبت مثلاً، وبشكل صحيح، أن «الصورة البؤبؤية» التي كانت تنسب إلى الجليدية هي في الواقع صورة منعكسة بشكل رئيس بواسطة القرنية، ومصحوبة بصورة أخرى أكثر ضعفاً منعكسة بواسطة الجليدية. كما تفحص أيضاً الصورة [الضوئية] التي تظهر على جليدية خروف ذبح حديثاً. إن مساهماته المتعلقة بتشكل الصورة وبإدراك العمق، وكذلك بميادين أخرى من علم البصريات الفيزيولوجية، تنتظر دائماً أن تتم دراستها[١٣٠].

لا نستطيع في هذه المقالة أن نقيس كل اتساع الدور الخاص لابن الهيثم في تغيير النموذج الذي حصل بالنسبة إلى العالم القديم. وما زلنا غير قادرين على تحديد مصدر أصالته. وقد يكون من التهور استبعاد إمكانية تأثيرات مهمة على أعماله، وهي ضائعة بالنسبة إلينا. وتدل بعض الإشارات إلى أنه كانت هنالك اختلافات عميقة في فكر عصر ما قبل الإسلام مباشرة. وربما تقدم لنا أيضاً أبحاث مقبلة مفاتيح أخرى مهمة تتعلق بإبداع ابن الهيثم، وذلك بإخراجها إلى النور أعمالاً أخرى قام بها أسلافه المباشرون وكذلك معاصروه. وقد نُسب إليه التغيير النوعي لـ **كتاب المناظر**، نظراً للانقطاع الحاصل في ما وصل إلينا. ومما لا يدع أي مجال للشك هو أن **كتاب المناظر** يمثل الأثر الأكثر قدماً لهذا التغيير الحاسم الذي طرأ على الفكر المتعلق بالرؤية.

مع ابن الهيثم نشهد انتقالاً من ميكانيك التماس إلى ميكانيك الضوء. لقد أورثنا الانتقال الأساسي، أي من الميكانيك اللمسي للرؤية إلى نظرية عن تشكل الصورة بتطابق النقاط عائد إلى الضوء المنحرف. ومع أن صياغاته عن الانعكاس والانكسار مستمدة من مبادئ الميكانيك، إلا أن عمله هذا يشكل القاعدة الأساسية لكل الدراسات البصرية عن الرؤية التي حصلت فيما بعد.

---

(١٢٩) حول البصريات الفيزيائية لكمال الدين الفارسي، انظر: Roshdi Rashed, in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 7, pp. 212-219, الذي يتضمن مراجع غزيرة.

(١٣٠) انظر: Schramm, «Zur Entwicklung der Physiologischen Optik der Arabischen Literatur,» pp. 299-316.

ـ ٢١ ـ

الاستقبال الغربي لعلم المناظر العربي

دايڤيد ليندبرغ(*)

إن إحدى الميزات الأكثر إثارة للاهتمام والأكثر بروزاً في تاريخ بدايات علم البصريات هي استمرارية هذا العلم بغض النظر عن الحدود الثقافية واللغوية. لكن هذا القول لا يعني أن علم البصريات قد بقي ساكناً تماماً، وأنه كان في منحى عن ضرورة التأقلم مع متغيرات الظروف، الثقافية منها واللغوية والفلسفية. لكن من الأهمية بمكان أن نفهم أنه على الرغم من تطور هذا العلم وتأقلمه، فإنه قد حافظ على تجانس كبير بدءاً بعصر اليونانيين القدماء وحتى بداية القرن السابع عشر.

وتبرز هذه الاستمرارية مدهشة بشكل خاص في الفترة ما بين زمن ابن الهيثم في القرن الحادي عشر وزمن جوهانس كبلر في القرن السابع عشر. إذ نشهد تطورات مهمة ومثيرة للاهتمام في النظرية البصرية خلال هذه الفترة، ولكننا ندهش عندما نتثبت كم كانت ضئيلة التغيرات في المسائل التي طرحتها النظرية، وفي فرضياتها الأساسية وكذلك في معايير النجاح النظري الذي كان عليها أن تحدثه. ولهذا السبب فإن مسائل الانتقال والاستيعاب كانت أموراً أساسية لدراسة تاريخ تطور علم البصريات. وهذا الفصل مخصص لدراسة استقبال علم المناظر العربي في الغرب اللاتيني في القرون الوسطى.

أولاً: الترجمات

لم يكن الغرب، قبل الترجمات في القرنين الثاني عشر والثالث عشر، مطّلعاً سوى على النزر القليل من علم المناظر. إننا نجد في موسوعات پلين (Pline) القديم (ت ٧٩م) وسولين (Solin) (حوالى القرنين الثالث أو الرابع)، وإيزودور الإشبيلي (Isodore de Séville)

(*) معهد تاريخ العلوم، جامعة ويسكونسين ـ الولايات المتحدة الأمريكية.
قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي.

(القرن السابع)، مناقشات أولية حول ظاهرات بصرية عديدة، لكن النظرية البصرية ذاتها بقيت في مستوى بدائي جداً. فهي تخبرنا مثلاً بأن الرؤية تتم بواسطة النور الصادر عن العين، وبأن موضع الرؤية هو البؤبؤ أو مركز العين، وبأن الضوء هو أسرع من الصوت، وبأن تيباريوس قيصر كان يستطيع الرؤية في الظلمة، وبأن قوس قزح يحصل من التقاء نور الشمس مع غيمة جوفاء. كما نجد فيها قليلاً من التشريح البدائي للعين. وإذا استثنينا عرض پلين الموجز حول شكل الظلال تبعاً لقطر الأجسام المضيئة ولقطر الأجسام التي تلقي ظلها، فإننا نجد أن التحليل الرياضي كان غائباً تماماً[١].

وللحصول على مناقشات أكثر دقة من وجهة نظر فلسفية، وهي مناقشات تعيد وضع الضوء والرؤية إلى إطار نظري أشمل، وتقدم تقديراً للخيارات الممكنة، يجب علينا التخلي عن الموسوعات والتوجه نحو أنواع أخرى من الأدب. فإننا نرى في أعمال لاهوتية متنوعة، وعلى سبيل المثال في **سفر التكوين بالمعنى الحرفي** *(Genèse au sens littéral)*، أن أغسطينوس أسقف هيبون (٣٥٤ ـ ٤٣٠م) يستوحي ميتافيزيقا الضوء العائدة للمدرسة الأفلاطونية المحدثة، لكي يفسر خلق العالم، وعلاقة الجسم بالروح واكتساب المعرفة. ويعالج أيضاً بإيجاز، ولكن بطريقة مقنعة، طبيعة الضوء المرئي وعملية الإدراك البصري. كما أن هنالك مصدراً آخر كان متوفراً منذ القرن الرابع وهو النصف الأول من مؤلف أفلاطون **تيماوس** لكن تأثيره كان ضعيفاً قبل القرن الثاني عشر. وقد ضمّن أفلاطون كتابه هذا عرضاً متماسكاً حول طبيعة الضوء وكيفية انتقال الحركات انطلاقاً من جسم مرئي إلى روح المراقب، لكي يحدث الإدراك البصري[٢].

ويجب الإشارة إلى سمات عديدة لهذا الأدب اللاتيني لبدايات علم البصريات. نرى أولاً أنه لا توجد أية مقالة مخصصة كلياً لمواضيع بصرية، إذ لم يوضع لعلم البصريات حتى

---

(١) بما يخص الظلال، انظر: Pline l'Ancien, *Histoire naturelle,* établi et traduit par J. Beaujeu (Paris: Les Belles lettres, 1950), vol. 2, p. 8,

لمناقشة حول العين، انظر: المصدر نفسه، مج ١١، ص ٥٢ ـ ٥٥ (نص مثبت ومترجم من قبل أ. أرنوت (A. Ernout) ور. بيبان (R. Pépin)، ص ٧٢ ـ ٧٧).

لا يوجد عرض مُرضٍ حول بدايات الفكر البصري في الغرب. لإلقاء جولة سريعة، انظر: David C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler* (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1976), pp. 87-90.

(٢) انظر: Augustin d'Hippone, *La Genèse au sens littéral,* édité et traduit par P. Agaësse et A. Solignac, 2 vols. (Paris: Desclée de Brouwer, 1970), et Platon, «Timæus a Calcidio translatus commentarioque instructus,» edited by J. H. Waszint and P. J. Jensen, in: Raymund Klibanksy, ed., *Plato Latinus* (Leiden: E. J. Brill, 1962), vol. 4.

ذلك الوقت تصور كعلم أساسي قائم بذاته وبحاجة إلى أدب خاص متخصص؛ بل كان يمثل جزءاً من المعلومات العامة مرتبطاً بعدد من المواضيع الأخرى، ونتيجة لذلك لم يكن يستحق سوى اهتمام متواضع في مؤلفات الفيزياء والماورائيات واللاهوت وفي النصوص الموسوعية.

ومن ناحية ثانية، فإن المناقشات التي كانت تدور حول البصريات، كتلك المناقشات التي وردت في هذه المراجع، لم تكن لها مطلقاً أية سمة رياضية تقريباً. فالمسائل المطروحة كانت محصورة بطبيعة الضوء وطبيعة الإدراك البصري أكثر مما هي معنية برياضيات الانتشار والمنظور. وثالثاً كان التصور عن الضوء كجوهر مادي، يستند ربما إلى القرابة بين الضوء والنار. ورابعاً وأخيراً كان الاعتقاد العام بأن الرؤية هي نتيجة عملية إرسال، بحيث تنتشر نار الرؤية من العين إلى الجسم المرئي (وربما أيضاً في الاتجاه المعاكس). وهكذا فالبصريات لم تذهب إلا نادراً إلى أبعد من هذه المواضيع الأولية.

لقد أحدثت الترجمات في القرنين الثاني عشر والثالث عشر تحولاً جذرياً. فللمرة الأولى يجد الغرب اللاتيني في القرون الوسطى بحيازته مقالات مخصصة بكاملها لعلم البصريات. ويرجع بعض منها إلى أصل عربي، وبعضها الآخر هو عبارة عن مقالات يونانية نُقلت إليه بواسطة العرب[٣].

كانت المقالة الأولى المترجمة والمخصصة كلياً لمواضيع في علم البصريات هي مقالة حنين بن إسحق واسمها **تركيب العين**، وقد ترجمها إلى اللاتينية قسطنطين الأفريقي في أواخر القرن الحادي عشر (ونسبت فيما بعد إما لقسطنطين هذا وإما لجالينوس). وتقدم هذه المقالة عرضاً جالينوسياً في تشريح وفيزيولوجيا العين كما تدافع عن نظرية جالينوس في الرؤية. وبالإضافة إلى هذه المقالة هناك مقالات أخرى جاءت على أثرها بقليل تناولت تشريح وفيزيولوجيا العين وكذلك أمراضها، مثل: **كتاب الكامل في الصناعة الطبية** لعلي بن العباس (الذي ترجمه قسطنطين، كما ترجمه مرة أخرى إسطفان الأنطاكي في القرن التالي)، **وكتاب القانون** لابن رشد، **وكتاب المنصوري** للرازي، وكتاب **الكناش الصغير** ليوحنا بن سرابيون (وقد ترجم جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone) هذه الكتب الثلاثة الأخيرة في النصف الثاني من القرن الثاني عشر).

لقد شهد القرن الثاني عشر ترجمة سلسلة من المقالات في علم البصريات، وقد كانت في أكثريتها، وليس بشكل حصري، رياضية. ومن بين المقالات الأولى نذكر ثلاثاً منها يونانية (**المناظر والانعكاس** المنسوبتان إلى إقليدس، **والمناظر** المنسوبة إلى بطلميوس)، وقد

(٣) حول خلاصة لترجمة المقالات البصرية، المحتوية على استشهادات منتقاة من الأدب المتخصص بالموضوع، انظر: Lindberg, Ibid., pp. 209-213.

جرت ترجمتها جميعها حوالى منتصف القرن الثاني عشر. وقد عرفت **مناظر** إقليدس ثلاث ترجمات على الأقل اثنتان منها عن العربية وواحدة عن اليونانية، في حين أن **مناظر** بطلميوس قد ترجمت انطلاقاً من نسخة عربية غير كاملة وتكتنفها الشوائب(٤). ثم انضمت سريعاً إلى هذه الترجمات الأولى مجموعة ترجمات لجيرار دو كريمون، أو لمدرسته، مثل: **المناظر** للكندي، **والغسق** لابن معاذ **والمناظر** لتيديوس (Tideus)، وكتاب **الانعكاس** (المنسوب غالباً إلى إقليدس) والذي تم جمعه بالعربية انطلاقاً من مصادر يونانية، وكذلك مؤلف *De speculis comburentibus* لابن الهيثم الذي ربما ترجمه جيرار دو كريمون. أما المؤلف الذي كان له التأثير الأكبر لفترة طويلة فهو **كتاب المناظر** لابن الهيثم، وقد نقله مترجم مجهول في أواخر القرن الثاني عشر أو في بداية القرن الثالث عشر(٥).

وأخيراً، هناك صنف ثالث من الأعمال يعالج مسائل في علم البصريات وهو يجمع مؤلفات في فلسفة الطبيعة، ويتناول بخاصة الإدراك وعلم الأرصاد. ونذكر من بين هذه الأعمال تلك المؤلفات التي كان لها التأثير الأكبر: **النفس**، **الحس**، **الآثار العلوية** لأرسطوطاليس (المؤلف الأول والأخير كانا موجودين في الترجمات المنقولة عن العربية منذ القرن الثاني عشر أو الثالث عشر)، ومؤلف **النفس** لابن سينا (ترجم في النصف الثاني من القرن الثاني عشر)، وشرح ابن رشد لكتاب **النفس** لأرسطوطاليس وموجز لمقالة *Parva naturalia* لأرسطوطاليس أيضاً (يبدو أن هاتين الترجمتين قد حصلتا في بداية القرن الثالث عشر)(٦).

وعلى الرغم من أن لائحة الأعمال هذه المتعلقة بعلم البصريات غير مكتملة، فإنها تظهر تحولاً جذرياً في الكمية وفي النوعية أيضاً للأدب البصري المتوفر في الغرب، وذلك

---

(٤) لترجمات مناظر إقليدس Optica، انظر: Wilfred R. Theisen, «*Liber de visu:* The Greco-Latin Translation of Euclid's *Optics,*» *Mediaeval Studies,* vol. 41 (1979) pp. 44-105.

ترجمات ثلاث في القرون الوسطى لكتاب اقليدس **الانعكاسيات** *Catoptrique* كان قد نشرها حديثاً كنيشي تاكاهاشي. انظر: Kenichi Takahashi, *Medieval Latin Traditions of Euclid's «Catoptrica»: Toward a Critical Edition of De speculis* (Fukuoka, Japan: Kyushu University, College of General Education, 1986).

تساءل ويلبر كنور (Wilbur R. Knorr) حديثاً عن موضوع الإسناد التقليدي لكتاب **المناظر** إلى بطلميوس، انظر: Wilbur R. Knorr, «Archimedes and the Pseudo-Euclidean *Catoptrics:* Early Stages in the Ancient Geometric Theory of Mirrors,» *Archives internationales d'histoire des sciences,* vol. 35 (1985), pp. 96-104.

فيما يخصّنا، فإن هوية المؤلف لا أهمية لها، ودون أن أشكك في حجج كنور، سأتابع الرجوع إلى كتابي **المناظر** و*De aspectibus* وكأنهما لبطلميوس.

(٥) Lindberg, Ibid., pp. 209-211.

(٦) المصدر نفسه، ص ٢١٢ ـ ٢١٣.

انطلاقاً من اكتساب المعارف اليونانية والعربية. وقد كانت المسيحية، في أوائل القرون الوسطى، تكافح من أجل الحفاظ على بقايا الإرث القديم؛ أما بعد الترجمات فقد انصب الجهد على استيعاب مجموعة جديدة واسعة ومتنوعة من المعارف.

ثانياً: رياضيات الضوء والرؤية

إن إحدى سمات الأدب البصري الجديد التي تثير الاهتمام أكثر من غيرها كانت حلته الرياضية. وعلى الرغم من أن هذه الحلة لم تكن بالتأكيد السمة المميزة لمجمل الإسهام الجديد، فإن الصيغة الرياضية كانت مع ذلك أمراً واضحاً. فبنية بعض الرسائل المقدّمة على شكل قضايا بالإضافة إلى الشكل الهندسي للجزء الأكبر من الاستدلالات لم يكن لهما مثيل سابق في تجربة الغرب البصرية. و**مناظر إقليدس** (بعنوان *De visu* أو *De aspectibus* في ترجماتها اللاتينية) تركت أثرها في المجال: فانطلاقاً من مجموعة مسلمات، تتشكل المقالة من ثمانية وخمسين افتراضاً تحتوي على براهين هندسية مرفقة بأشكال. وعلى قدر المستطاع، يختصر إقليدس علم المناظر بتحليل الأشعة الهندسية الصادرة عن عين المراقب (في خط مستقيم، شرط ألا تنعكس أو تنكسر) والتي لها شكل مخروط. ويشكل مخروط الأشعة هذا قاعدة لنظرية رياضية للرؤية(٧).

وقد توسعت المقاربة الهندسية للضوء والرؤية في مؤلفات أخرى، مثل: **الانعكاس** المنسوبة إلى إقليدس، و**المناظر** لبطلميوس و**المناظر** للكندي. كما نجدها بخاصة في *De speculis comburentibus* لابن الهيثم وكذلك في مؤلفه الضخم **كتاب المناظر**. وعلى الرغم من أننا لا نستطيع اعتبار أية من هذه الرسائل ذات محتوى رياضي صرف ـ ربما باستثناء اثنتين منها في المرايا ـ إلا أن الرياضيات تشغل حيزاً مهماً في كل منها. ولا يستطيع أي قارئ أن ينتقص من قيمة الاستدلال الرياضي؛ وبالإضافة إلى ذلك فإن الأشكال الهندسية فيها تكشف عن نفسها بمجرد إلقاء نظرة سطحية عليها.

ولم تكن المقاربة الهندسية الموجودة في هذه المقالات جديدة ومدهشة فحسب، بل كانت أيضاً سهلة الاستيعاب. فلم يكن هناك أي اعتراض صريح أكان لاهوتياً أم فلسفياً، أو أي عائق ثقافي مهم يمنع استعمال الرياضيات في تحليل الظواهر البصرية. حتى أن أولئك الذين كانوا يظهرون تحفظات مبدئية فيما يتعلق باتساع التطبيق المحتمل للرياضيات على الطبيعة لم يكن باستطاعتهم الطعن بالمقاربة الهندسية لعلم البصريات ـ وعلى أي حال لم

---

(٧) حول مناظر إقليدس، انظر: Albert Lejeune, *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*, université de Louvain, recueil de travaux d'histoire et de philologie; 3. sér., 31-fasc. (Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux du «Recueil», 1948).

يكونوا يفترضون أن هذه المقاربة هي الوحيدة الممكنة[٨]. لقد كانت البصريات الهندسية اليونانية والعربية تمثل بكل بساطة إنجازاً تقنياً مؤثراً جداً بحيث لا نستطيع إهماله أو رفضه.

إن أول عالم تأثر بالمقاربة الهندسية في الغرب كان العالم روبير غروستست (Robert Grosseteste) (حوالى ١١٦٨ ـ ١٢٥٣) الذي كتب على الأرجح في أوائل السنوات ١٢٣٠[٩]. لقد جاء هذا العالم، الذي كان قد قرأ إقليدس والكندي، بفكرة وضع تحديد هندسي للمنظور وإعداد برنامج هندسي لتحليل الإشعاع. ففي مؤلفه *De iride* يحدد علم الرؤية على الشكل التالي: «إنه العلم المرتكز على أشكال تتضمن خطوطاً مشعة وسطوحاً، سواء أكان هذا الإشعاع صادراً عن الشمس، أم عن النجوم، أم عن أي نوع آخر من الأجسام المشعة»[١٠]. ثم يقسم غروستست المنظور إلى أقسام رئيسة وفقاً للطرق المختلفة لانتشار الضوء: المستقيم والمنعكس والمنكسر. وفي مؤلفه *De lineis, angulis, et figuris* (**الخطوط والزوايا والأشكال**) يقترح غروستست بياناً لمصلحة الصيغة الهندسية للطبيعة من خلال الصيغة الهندسية للضوء ولأشكال أخرى من الإشعاعات حيث يقول: «من الآن وصاعداً يجب التعبير عن جميع علل الظواهر الطبيعية بواسطة خطوط وزوايا وأشكال، لأنه يستحيل تفسيرها بشكل آخر. وهذا بديهي للسبب التالي: إن عنصراً طبيعياً يضاعف قدرته انطلاقاً من ذاته إلى المتقبِّل، سواء مارس تأثيره على الحواس أو على المادة. وتدعى هذه القدرة أحياناً «Species» وأحياناً صورة، ومهما تكن التسمية فهي نفسها؛ ويرسل هذا العنصر نفس القدرة في الحواس وفي المادة، أو في نقيضه الخاص، كما ترسل الحرارة نفس الشيء في حاسة اللمس وفي جسم بارد»[١١].

كان روجر بيكون (Roger Bacon) (حوالى ١٢٢٠ ـ حوالى ١٢٩٢) مطلعاً على جميع

---

(٨) ألبير الكبير (Albert le Grand) هو مثال جيد؛ انظر: David C. Lindberg, «Roger Bacon and the Origins of *Perspectiva* in the West,» in: Edward Grant and John E. Murdoch, eds., *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages* (Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1987), pp. 249-268.

(٩) انظر: James McEvoy, «The Chronology of Robert Grosseteste's Writings on Nature and Natural Philosophy,» *Speculum*, vol. 58, no. 3 (July 1983), pp. 631-635.

وحول بصريات روبير غروستست، انظر: Bruce S. Eastwood, «Grosseteste's *Quantitative* Law of Refraction: A Chapter in the History of Non-Experimental Science,» *Journal of the History of Ideas*, vol. 28 (1967), pp. 403-414, reprinted in: Bruce S. Eastwood, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes* (London: Variorum Reprints, 1989), and Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 94-102.

(١٠) انظر: Edward Grant, ed., *A Source Book in Medieval Science*, Source Books in the History of the Sciences (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974), p. 389.

(١١) المصدر نفسه، ص ٣٨٥.

المصادر التي كانت بتصرف غروستست، لكنه كان يعرف أيضاً **مناظر** بطلميوس وكتاب **المناظر** لابن الهيثم اللذين تحققت فيهما وعود المقاربة الرياضية بشكل أوسع بكثير مما في المراجع الأخرى. لقد كان لهذين الكتابين، ولكتاب ابن الهيثم بشكل خاص، وقع جذري على المحتوى الرياضي، وعلى تدقيق كتابات بيكون في علم البصريات.

لقد أعطى بيكون عرضاً مجملاً لهندسة الإشعاع التي أخذها بشكل أساسي من ابن الهيثم. فقد حدد خمس طرق لانتشار الضوء: المستقيم، والمنعكس، والمنكسر، والعَرَضي (ويقصد بهذا النوع الأخير الإشعاع الثانوي الذي ينطلق من نقاط حزمة ضوء أولية)، والنمط «الملتوي أو الأعوج» الذي يميز بعض الأوساط الحية[١٢]. ثم يعطي عرضاً كاملاً لقوانين الانعكاس، حيث يؤكد فيها ليس فقط على تساوي زوايا السقوط والانعكاس، بل يحدد أيضاً مستوي الشعاع الساقط والشعاع المنعكس بالنسبة لسطح المرآة[١٣]. ثم يقدم عرضاً متقناً للمبادئ الهندسية للانكسار، محدداً مسار الشعاع المنكسر (بعبارات هندسية، لكنها غير عددية) في مختلف أشكال الأوساط خفيفة الكمدة والكمداء وللسطوح الداخلية الشفافة، المستوية منها والكروية[١٤]. ثم يحدد، متبعاً دائماً المصادر اليونانية والعربية، موضع صورة الجسم المرئي بواسطة إشعاع منعكس أو منكسر، ويكون الموضع عند تلاقي الشعاع الساقط (ممدداً إلى ما وراء العين) مع الخط العمودي الممدود من الجسم إلى سطح الانعكاس أو الانكسار. كما يطبق هذه المبادئ على بعض الحالات المثيرة للاهتمام بشكل خاص كـ «المرايا المحرقة»[١٥] و«البلورات المحرقة» أيضاً[١٦].

ومهما كانت دلالات المبادئ البصرية التي استوعبها بيكون فإن أهم ما استخلصه من

---

(١٢) انظر: Roger Bacon: *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition with English Translation, Introduction and Notes, of 'De multiplicatione specierum' and 'De speculis comburentibus'*, edited and translated by David C. Lindberg (Oxford: Clarendon Press, 1983), vol. 2, 2, pp. 97-105, and *The 'Opus Majus'*, edited by John Henry Bridges, 3 vols. (London: Williams Norgate, 1900), vol. 1, pp. 111-117.

الوسط النشيط الخاص الذي يفكر بيكون فيه هو «pneuma» البصرية التي تملأ العصب البصري. حول بيكون وانتشار الضوء، انظر أيضاً: David C. Lindberg, «Laying the Foundations of Geometrical Optics: Maurolico, Kepler, and the Medieval Tradition,» in: David C. Lindberg and Geoffrey Cantor, eds., *The Discourse of Light from the Middle Ages to the Enlightenment* (Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1985), pp. 11-31.

(١٣) انظر: Bacon, *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition with English Translation, Introduction and Notes, of 'De multiplicatione specierum' and 'De speculis comburentibus'*, especially: *De multiplicatione specierum*, vol. 2,6, pp. 137-147.

(١٤) المصدر نفسه، مج٢، ٣، ص ١٠٥ ـ ١١١.

(١٥) الحرّاقة أو المحرقة؛ استعمل ابن سهل التعبير الأول بينما استعمل ابن الهيثم التعبيرين معاً. انظر مقالة ابن سهل، «الحراقات،» ومقالة ابن الهيثم، «الكرة المحرقة بالدائرة». (المترجم).

(١٦) Bacon, Ibid, vol. 2, 4, pp. 117-119 and vol. 2, 7, pp. 147-155.

مصادره هو طريقة تصور الإشعاع المنبعث من جسم ذي امتداد معين. فقد استخلص انطلاقاً من الكندي وابن الهيثم أن الضوء يشع بشكل مستقل في كل الاتجاهات، ومن كل نقطة (أو جزء صغير) من الجسم المرئي. وهذا التصور لعملية غير متماسكة أساساً للإشعاع، كان مجهولاً في العصور اليونانية القديمة، فقد صاغه الكندي للمرة الأولى ثم طبقه ابن الهيثم لاحقاً. وقد تبيّن أن هذا التصور يمثل أحد المبادئ الأساسية لعلم المناظر الهندسي، إذ إنه لعب دوراً حاسماً في نظريات الإشعاع وفي نظريات الرؤية في آن معاً.

لم يستطع بيكون أن يجاري الدقة الرياضية لابن الهيثم، ومؤلفات هذا الأخير كانت أفضل مصادره. لكن ما نقله قد تمّ بأمانة كبيرة وبذكاء حاد. وقد استوحى آخرون على ما يبدو مثاله، فاعتمدوا مقاربة لعلم البصريات شبيهة بمقاربته[١٧]. نذكر منهم تيل ويتلو (Tel Witelo) (ت بعد ١٢٨١م) وهو مؤلف كتاب ضخم جداً عنوانه **المنظور** *(Perspectiva)* وهو كناية عن موسوعة لعلم المناظر، حيث يحاول فيها استعادة مجموعة الأعمال اليونانية والعربية في علم البصريات (ولكن بارتكاب خطأ في الترتيب الزمني)؛ ونذكر أيضاً جون پاشام (John Pecham) (ت ١٢٩٢م) وهو راهب فرنسيسكاني يافع ومعاصر لبيكون، وقد كتب موجزاً شعبياً بعنوان *Perspectiva communis* لخص فيه، وبكفاءة، النقاط الأساسية لعلم المناظر[١٨]. فمن خلال هذه المصادر، وكذلك بواسطة النصوص اليونانية والعربية الأصلية (التي واصلت انتشارها في ترجماتها اللاتينية) تعلم العلماء الغربيون كيف يعالجون علم المناظر بطريقة رياضية.

ثالثاً: طبيعة الضوء

عندما دخلت هندسة الإشعاع إلى الغرب كانت تمتاز ليس فقط بالجدة والحداثة، بل بالحياد الفلسفي أيضاً[١٩]. بالإضافة إلى ذلك، فقد كانت تظهر كمذهب موحد نسبياً، قليل التأثر بالنزاعات الداخلية. بالمقابل، كانت طبيعة الجوهر الإشعاعي مسألة مثيرة للجدل؛ إذ

---

(١٧) انظر: David C. Lindberg, «Lines of Influence in Thirteenth - Century Optics: Bacon, Witelo, and Pecham,» *Speculum,* vol. 46, no. 4 (1971), pp. 66-83, reprinted in: David C. Lindberg, *Studies in the History of Medieval Optics* (London: Variorum Reprints, 1983).

(١٨) حول تيل ويتلو انظر الطبعات الحديثة المرفقة بالترجمة الإنكليزية من: Sabetai Unguru and A. Mark Smith, *Perspectiva,* Studia Copernicana; XV and XXIII (Wroclaw: Ossolineum, 1977; 1983), vols. 1 and 5.

لخلاصة حول الموضوع، انظر: David C. Lindberg, «Witelo,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol. 14, pp. 457-462.

حول پاشام، انظر: David C. Lindberg, *John Pecham and the Science of Optics* (Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1970).

(١٩) لا أريد القول بهذا الشأن بأن الصيغة الهندسية للظواهر البصرية هي مجردة كلياً من التضمينات الفلسفية، لكنني ألفت النظر ببساطة إلى أن القواعد التقليدية للبصريات الهندسية متوافقة مع جميع النظريات =

كانت تثير مسائل أخرى، بحيث تتطلب خيارات حذرة وتفكيراً متيقظاً في استدلالات الباحثين.

ظهرت النظريات اليونانية في الضوء بمظاهر عديدة ومتنوعة. فكان الضوء بالنسبة إلى الذريّين إشراقاً مادياً. وكانت الرؤية تحدث، بنظرهم، بانتقال غشاء رقيق من الذرات من الجسم المرئي إلى عين المراقب، حاملاً معه الخاصيات المرئية لهذا الجسم إلى ذرات روح المراقب. أما معتقد أرسطوطاليس، الذي كان تأثيره أكثر أهمية لفترة طويلة، فكان يقول إن الضوء هو حالة للوسط الشفاف، وبواسطة هذه الحالة تكون الشفافية في أوج نشاطها؛ وكان يعتبر اللون تغيراً نوعياً تابعاً مُحَثًّا في الشفافية النشطة بواسطة جسم ملون. ويمكن نقل هذا التغير النوعي، من خلال الوسط، إلى عين المراقب الذي يرى نتيجة لذلك. وقد طور الفيثاغوريون، ظاهرياً، نظرية نار الرؤية المنبعثة من العين وهي نظرية نجد أصداء متواصلة لها خلال العصور القديمة والعصر الوسيط. كما طور أفلاطون نظرية الإشراق البصري هذه التي استعملها إقليدس وبطلميوس في نظرياتهما الرياضية للرؤية، وحوّلها جالينوس والرواقيون إلى نظرية «الروح» (Pneuma) البصرية[٢٠].

وكأن كل هذا لم يكن معقداً بما فيه الكفاية، فقد طور أفلوطين، مؤسس الأفلاطونية المحدثة (ت ٢٧٠م)، ميتافيزيقا إشراقية في أواخر العصور القديمة، وفيها أن كل كائن هو ثمرة «الواحد» بواسطة عملية إشراق شبيهة بإشعاع الضوء. ففي العالم الطبيعي كما في العالم الماورائي، يكون كل جسم مركز نشاطات، ويسقط صوراً عن نفسه في محيطه. وهذا الضوء المشع غير مادي على الاطلاق، فهو لا يتكون من جزئيات متحركة (كما يعتقد الذريون) وهو لا يتمثل كذلك في تغيرات نوعية ناتجة في الوسط (كما يعتقد أرسطوطاليس)؛ فالأمر يتعلق بضوء غير مادي ينبثق تواً مما فوق الوسط دون أن يتفاعل معه مطلقاً. ويميز أفلوطين أخيراً بين الضوء المشع والضوء الخاص بجسم منير، بحيث إن هذا الضوء الأخير يعمل كالشكل المادي للجسم المنير[٢١].

لقد نُقل هذا الإرث المعقد إلى العالم العربي حيث استعادته جمهرة من الفلاسفة الأكفاء. وقد تبنى الكندي، أحد أوائل الفلاسفة العرب (ت نحو ٨٧٣م)، ميتافيزيقا

= تقريباً حول طبيعة الضوء وأنها تتكيف مع الفرضيات الميتافيزيقية المختلفة. وبشكل مبسط، فإن دعاة التصور «المادي» ودعاة التصور «اللامادي» ينضوون تحت قوانين الانعكاس والانكسار نفسها. انظر: David C. Lindberg, «Continuity and Discontinuity in the History of Optics: Kepler and the Medieval Tradition,» *History and Technology*, vol. 4 (1987), pp. 430-436.

(٢٠) انظر: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, chap. 1.

(٢١) انظر: David C. Lindberg, «The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler,» *Osiris*, vol. 2, no. 2 (1986), pp. 9-12.

الإشراق لأفلوطين، إذ زعم أن أي شيء في العالم، مادة كان أم حادثاً، ينتج أشعة على مثال النجوم. . . بحيث إن أي مكان في العالم يحتوي على أشعة صادرة عن أي جسم له وجود فعلي[(٢٢)].

إلا أن الكندي يختلف مع أفلوطين بصدد طبيعة الجوهر المشع، فهو يصر على أن الضوء هو «انطباع» يحدثه الجسم المضيء في وسط شفاف[(٢٣)].

كان للمدارس اليونانية الكبيرة الأخرى أنصار أيضاً في العالم العربي. فحنين بن إسحق (ت حوالى ٨٧٧م) الذي ساهم في ترجمة العلم اليوناني إلى العربية، قد تبنى ونشر النظرية الرواقية أو الجالينوسية، التي بموجبها تبرز روح بصرية عن العين وتحول الهواء إلى عضو حساس، أي إلى امتداد للعصب البصري، قادر على إدراك الأجسام التي يلامسها[(٢٤)]. واعتمد ابن سينا (٩٨٠ ـ ١٠٣٧م) موقف أرسطوطاليس واعتبر أن الضوء هو خاصية للوسط الشفاف مُحَثًا بواسطة الأجسام المضيئة. إلا أن ابن سينا يميز، ربما باستعارة من المدرسة الأفلاطونية المحدثة، بين الضوء كما هو في الأجسام المضيئة والضوء في الوسط (وقد سميا «Lux» و «Lumen» في الترجمة اللاتينية لكتابه)؛ ويعرِّف أيضاً بجوهر ضوئي ثالث وهو الوهج أو الإشعاع الذي يظهر حول الأجسام. . . كشيء ينبعث عن هذه الأجسام[(٢٥)].

لم يحاول ابن الهيثم (٩٦٥ ـ ١٠٣٩م)، الذي تنتمي أهم مساهماته البصرية إلى حقل الهندسة، دراسة طبيعة الضوء بشكل مدعم أو منهجي. مع ذلك تُظهر أعماله بوضوح أنه اعتمد اعتقاد الطبيعيين الأساسي الذين، حسب رأيه، اعتبروا أن الضوء شكل جوهري للأجسام المضيئة بذاتها وشكل عرضي للأجسام المضاءة[(٢٦)]. وهكذا اقترح التمييز المهم بين الضوء الجوهري والضوء العرضي أو المستعار. وقد عالج أيضاً الضوء في وسط شفاف

---

(٢٢) انظر: Marie Thérèse d'Alverny et F. Hudry, «Al-Kindī, *De radiis,*» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge,* vol. 41 (1974), pp. 224 et 228.

(٢٣) Lindberg, Ibid., pp. 12-14.

(٢٤) Bruce S. Eastwood, «The Elements of Vision: The Micro-Cosmology of Galenic Visual Theory according to Ḥunayn Ibn Isḥaq,» *Transactions of the American Philosophical Society,* vol. 72, no. 5 (1982), pp. 1-59, reprinted in: Eastwood, *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes,* and Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* pp. 37-41.

(٢٥) انظر: ما ورد من مصادر لابن سينا في قائمة المراجع. انظر أيضاً: Avicenna, *Liber de anima seu sextus de naturalibus, I, II, III,* edited by S. Van Riet (Louvain: E. Peeters; Leiden: E. J. Brill, 1972), pp. 170-172.

(٢٦) انظر: A. I. Sabra, «Ibn al-Haytham,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 6, pp. 190-192, and Roshdi Rashed, «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham,» *Archive for History of Exact Sciences,* vol. 6, no. 4 (1969-1970), p. 273.

باعتباره شكلاً منقولاً من الأجسام المضيئة أو المضاءة إلى المرسل إليه. ويدعم (مع ابن سينا ضد أرسطوطاليس) الرأي القائل بأن الضوء، وكذلك اللون، هما من مواضيع الرؤية؛ فأشكال الضوء واللون تنتشر معاً عبر وسط ملائم وتؤثر في نفس الوقت على القدرة البصرية(٢٧).

وأخيراً، فإن ابن رشد (ت ١١٩٨م)، ومع أنه مناصر لنظرية أرسطوطاليس في الضوء واللون بشكل عام، قد أجهد نفسه ليوضح الظاهرة المربكة للألوان المختلفة التي تحتل ظاهراً نفس المكان دون أن يختلط بعضها ببعض أو أن تتداخل فيما بينها (كأن يدخل في نفس الوقت شكلان لجسمين أحدهما أبيض والآخر أسود في بؤبؤ عين مراقب). يستنتج ابن رشد أن الأشكال في الوسط ليس لها وجود روحي أو مادي، بل تملك حالة متوسطة بين هذين الطرفين(٢٨).

إن مهمتنا الرئيسة في هذا الفصل ليست بالتأكيد إجراء إحصاء جديد للمساهمة العربية في علم البصريات، بل تحديد تأثيرها في الغرب. لقد اطلع العلماء الغربيون على مجمل الأفكار اليونانية والعربية حول طبيعة الضوء، واستناداً إليها فقد أعدوا نظريات متنوعة. لقد مارس الكندي، من دون أدنى شك، تأثيراً كبيراً في تصوره الذي يعتبر أن كل الأجسام هي مراكز نشاط تبث قدرتها أو صورتها في جميع الاتجاهات. ويتوافق هذا التصور جيداً مع تمييز ابن سينا، بين الشكل النشيط للأجسام المضيئة، وما ينتج عنها، أي الصورة أو الشكل في الوسط. وربما نجد التعبير الأكثر منهجية عن وجهة النظر هذه في المذهب الذي طوره غروستست وبيكون والمعروف بـ «تعدد الصور» (Species) والقائل بأن الصور تشع في جميع الاتجاهات انطلاقاً من جميع الأجسام لكي تحدث مجمل التأثيرات الطبيعية(٢٩).

ومن المحتمل أن يكون المظهر الأشد بروزاً في النظريات الغربية حول طبيعة الضوء هو الرفض الإجماعي لمفهوم أفلوطين «اللامادي». فجميع العلماء الغربيين تقريباً الذين بحثوا طبيعة الضوء، وبتأثير من أرسطو والكندي وابن سينا وابن الهيثم، اعتبروا الضوء كخاصية أو تغير لوسط مادي. لقد انضم «الأفلاطونيون» الذين تبعوا غروستست وبيكون إلى

---

(٢٧) انظر: David C. Lindberg, «The Science of Optics,» in: David C. Lindberg, ed., *Science in the Middle Ages* (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1978), pp. 356-357, reprinted in: Lindberg, *Studies in the History of Medieval Optics.*

(٢٨) انظر: Ibn Rushd, *Epitome of the Parva Naturalia,* translated by Harry Blumberg, Mediaeval Academy of America; Publication no. 54 (Cambridge, Mass.: Mediaeval Academy of America, 1961), pp. 15-16.

(٢٩) Lindberg, «The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler,» pp. 14-23, and Bacon, *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition, with English Translation, Introduction and Notes, of 'De multiplicatione specierum' and 'De speculis comburentibus',* pp. xlix-lxxi.

«الأرسطوطاليين» المتزمتين في اعتقادهم بأن الضوء والوسط مرتبطان بطريقة مبهمة بحيث إنه لا يمكن أن يكون هناك إشعاع ضوئي في غياب الوسط. وإذا استثنينا موقف غليوم دوكام (Guillaume d'Ockham) الذي كان مستعداً لتصور الفعل عن بعد (دون أي وسيط من أي نوع كان)، وحتى للدفاع عن هذا التصور، فقد سادت فكرة الترابط هذه بين الضوء والوسط من دون معارضة حتى أواخر القرن الخامس عشر، عندما حاول مارسيليو فيشين (Marsilio Ficin) إحياء نظرية أفلوطين[٣٠].

رابعاً: نظريات الرؤية

لم يكن تنوع نظريات الرؤية أقل إرباكاً من تعدد الأفكار حول طبيعة الضوء. ولقد بيّنا في مكان آخر أن النظريات القديمة للرؤية تشكل ثلاثة أصناف[٣١]:

١ ـ نظرية البث لإقليدس ولبطلميوس، التي تقول بأن الإشعاع البصري ينبعث من العين. وكان لهذه النظرية غاية رياضية في الأساس: فهي تمثل، قبل كل شيء، نظرية المنظور البصري.

٢ ـ نظريات الإدخال عند الذريين وأرسطوطاليس، التي كانت في بادئ الأمر نظريات فيزيائية، مخصصة لعرض الاتصال بين المراقب والجسم المرئي، ولتفسير فيزياء النقل[٣٢].

٣ ـ نظرية جالينوس التي تتميز عن نظيراتها بالعناية بالتفاصيل التشريحية والفيزيولوجية مع أنها لا تخلو من المحتوى الرياضي والفيزيائي.

وتمزج كل واحدة من هذه النظريات بعض الميزات التفسيرية مع عيوب متنوعة على مستوى التفسير. فنظرية إقليدس الرياضية تقترح تفسيراً هندسياً لإدراك المكان، بطرحها فكرة المخروط البصري؛ لكنها تعود وتتجاهل مسألة الاتصال الفيزيائي بين المراقِب والمرئي؛ أما عند بطلميوس، فهذه النظرية نفسها تكتسب محتوى فيزيائياً مادياً[٣٣]، لكن خاصياتها وتأثيرها تبقى، في الأساس، على المستوى الرياضي. أما نظرية أرسطوطاليس الفيزيائية فإنها تحل مسألة الاتصال الفيزيائي بشكل رائع، لكنها (وبالشكل الذي عرضه أرسطوطاليس) بعيدة عن الرياضيات سواء بمحتواها أم بافتراضياتها. أما نظرية الذريين

---

(٣٠) Lindberg, Ibid., pp. 14-29.

(٣١) Lindberg: *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 85-86, and «The Science of Optics,» pp. 341-342.

(٣٢) يفضل بعض المؤرخين وصف نظرية أرسطو كنظرية «الوسط» أو «التغيير» ومعارضتها مع النظريات الإدخالية. من ناحيتي أفضل اعتبارها كصيغة إدخالية لنظرية التغيير.

(٣٣) أثيرت هذه النقطة من قبل سميث، في: A. Mark Smith, «The Psychology of Visual Perception in Ptolemy's *Optica*,» *Isis*, vol. 79 (1989), pp. 189-207.

الفيزيائية فإنها فشلت، على الأرجح، في تحليل الظواهر الفيزيائية ــ وهذا كان رأي أرسطوطاليس من دون أدنى شك ــ وبقيت خارج كل اهتمام رياضي. وأخيراً، لاقت نظرية جالينوس في البنوما (Pneuma) البصرية نجاحات لأنها بشكل أساسي عرضت علم التشريح وفيزيولوجيا الرؤية، لكنها لم تذكر إلا القليل بصدد نظرية المنظور، ونظريتها الفيزيائية تبدو غير مستحبة بالنسبة إلى فلاسفة الطبيعة. إن مدى كل واحدة من هذه النظريات كان محدوداً. فانتقاء نظرية للرؤية كان يعني إذاً، وعلى نطاق واسع، اختيار المعايير ــ الرياضية أو الفيزيائية أو الطبية ــ التي يراد تلبيتها(٣٤).

لقد تحول النقاش في العالم العربي عن طريق اعتبارين نظريين مهمين وعلى قدر كبير من العمق الفكري. قبل كل شيء لقد اقترح الكندي، وكما رأينا، اعتبار الإشعاع الصادر عن جسم مضيء هو عملية غير متماسكة، بحيث إن الجسم لا يشع في هذه العملية كوحدة، بل إن كل نقطة أو كل منطقة صغيرة منه ترسل صورة مستقلة في الوسط المحيط. وهكذا وضَح الكندي تصوراً تبيّن أنه أساسي لنظريات الرؤية اللاحقة.

اهتم الكندي بعملية الإشعاع وحدها، ولم يدمج إذاً مبدأه غير المتماسك حول الإشعاع من كل نقطة في نظريته الخاصة للرؤية بواسطة البث. إنما كان هذا من إنجاز ابن الهيثم، بعد قرن ونصف من الزمن، إذ أظهر كيفية إنشاء نظرية إدخالية مُرضية عن الرؤية انطلاقاً من مبدأ الكندي. لقد أدرك ابن الهيثم أنه إذا أرسلت كل نقطة من الحقل البصري إشعاعاً بشكل مستقل في جميع الاتجاهات، فإن كل نقطة من العين تستقبل إشعاعاً من كل نقطة من الحقل البصري؛ والخليط في كل نقطة من العين، والناتج من الأشعة الآتية من مختلف نقاط الحقل البصري، يحدث تشوشاً كاملاً. وهكذا، لتفسير رؤية واضحة ينبغي إيجاد طريقة تتأثر بموجبها كل نقطة من العين بنقطة وحيدة من الحقل البصري وبحيث تملك نقاط العين نفس الشكل الذي تملكه نقاط الحقل البصري المؤثر(٣٥).

حل ابن الهيثم هذه المعضلة مستنداً إلى مبادئ الانكسار. فقد افترض أن شعاعاً واحداً، من بين الأشعة الصادرة عن نقطة معينة من الحقل البصري، يسقط عمودياً على سطح العين، ويدخل بذلك دون انكسار. واعتبر ابن الهيثم أن هذا الشعاع وحده يحدث الإدراك البصري في حين تفقد بقية الأشعة تأثيرها بسبب الانكسار. بالإضافة إلى ذلك، يشكل مجموع الأشعة العمودية مخروطاً بصرياً يقع رأسه في مركز العين وتكون قاعدته الأجسام المختلفة التي تشكل الحقل البصري. وهكذا تم إدخال المخروط البصري لمدرسة

(٣٤) وُسعت هذه النقطة بتعمق أكثر في: Lindberg: *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* pp. 57-60, and «The Science of Optics,» pp. 339-342.

(٣٥) حول نظرية الرؤية لابن الهيثم، انظر: Lindberg: *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, chap. 4, and «The Science of Optics,» pp. 345-349.

إقليدس الرياضية للمرة الأولى في نظريةٍ إدخالية للرؤية؛ وبذلك تحقق للمرة الأولى المزج بين الميزات الرياضية للمخروط البصري من ناحية (والمقصود هنا نظرية متكاملة للمنظور البصري) والتفسيرات الفيزيائية أو السببية التي تعطيها تقليدياً النظريات الإدخالية من ناحية أخرى. بالإضافة إلى هذا النجاح فقد نجح ابن الهيثم في إدخال النتائج التشريحية والفيزيولوجية لجالينوس وللمدرسة الطبية إلى نظريته، مقدماً بذلك نظرية للرؤية تلبي الاهتمامات الرياضية والفيزيائية والطبية في نفس الوقت.

وقبل ترجمات القرنين الثاني عشر والثالث عشر سيطرت نظرية البث، بشكل أو بآخر من أشكالها، على التأملات الغربية في الرؤية، وربما كان ذلك بسبب تأثير أفلاطوني ورواقي. وفي **سفر التكوين بالمعنى الحرفي** يعلن أغسطينوس أسقف هيبون أن الضوء الصادر عن العين هو من نار تنشأ في الكبد، ومنه تذهب إلى الدماغ، ومن ثم إلى العينين، وذلك عبر «مسالك رقيقة»؛ ويسقط هذا الضوء على الأجسام المرئية ويكشفها لحاسة الرؤية: «إن الأشعة التي ترسلها أعيننا هي، بلا شك، بث نوع من الضوء قادر على التقلص عندما ننظر إلى ما هو قرب العينين وعلى التمدد عندما ننظر في اتجاه الأجسام البعيدة. ونشير، من ناحية أخرى، إلى أن الشعاع البصري يرى الأجسام البعيدة حتى ولو كان متقلصاً، لكنه يراها أقل وضوحاً فيما لو امتد نظرنا إليها. غير أن هذا الضوء الموجود في حاسة الناظر ضعيف لدرجة أنه من دون الضوء الخارجي لا نستطيع الرؤية أبداً»[٣٦].

وأكد إيزيدورس الإشبيلي في القرن السابع أن «الأعين هي أضواء أيضاً (Lumina). نسميها أضواء لأن الضوء (Lumen) ينبثق منها، إما لأنها تتضمن ضوءاً داخلياً أصلياً (Lucem)، أو لأنها تبث إلى الخارج ضوءاً وارداً وبذلك تحدث الرؤية»[٣٧].

إن المكانة التي ازدادت أهميتها أكثر فأكثر في القرن الثاني عشر لمؤلف أفلاطون **تيماوس** *(Timée)* دعّمت نظرية النار البصرية. لقد دافع أفلاطون في هذا المؤلف عن الرأي القائل بأن النار البصرية تفيض من العين وتمتزج مع ضوء النهار ليعطيا «جسماً متجانساً وحيداً» وممتداً من العين إلى الجسم المرئي؛ ويقوم هذا الجسم بدور وسط ناقل لحركات الجسم المرئي إلى الروح. لقد استوعب بسرعة علماء القرن الثاني عشر، مثل أدلار دو باث (Adélard de Bath) وغليوم دو كونش (Guillaume de Conches)، وجهة نظر أفلاطون هذه وحسنوها بإثارتهم بعض الأسئلة الدقيقة، ولكنهم دعموا بشكل عام الاعتقاد القائل بأن النظر ينتج عن إشراق النار من العين[٣٨].

---

(٣٦) انظر: Augustin d'Hippone, *La Genèse au sens littéral,* I.16. 31, vol. 1, p. 165.

(٣٧) انظر: Isidore de Séville, *Isidori Hispalensis Episcopi Etymologiarum sive originum libri XX,* edited by W. M. Lindsay, 2 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1911), XI.1, pp. 36-37.

(٣٨) Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* pp. 5-6 and 91-94.

إن الإجماع النسبي في أوائل العصر الوسيط حول مسألة نظرية الرؤية قد تبدد بسرعة مع الترجمات، التي جلبت للغرب المجموعة الكاملة للفكر اليوناني والعربي حول هذه المسألة. آنذاك اكتسبت نظرية البث دعماً إضافياً انطلاقاً من إقليدس وبطلميوس والكندي والجالينوسيين ـ علماً بأن فحصاً دقيقاً أظهر اختلافات مهمة بين هؤلاء المؤلفين في كثير من النقاط المحددة. وقد ظهرت في تلك الفترة نفسها النظريات الإدخالية، والمدعومة من سلطات فاعلة والمثبتة بحجج مقنعة. لذلك وجد العلماء الغربيون أنفسهم في مواجهة التحدي في انتقاء وإيجاد توسط بين الخيارات.

إن أول مسعى متواضع للخروج من هذا الارتباك قد قام به غروستست: لقد كان، على الأقل، مطلعاً بشكل محدود على النظرية الإدخالية، بحيث كان يبدو مؤهلاً لاعتمادها جدياً مع بقائه أميناً للنظرية الأفلاطونية في النار البصرية[٣٩]. كان استنتاج غروستست بأن كل واحدة من هاتين النظريتين تتضمن أشياء صحيحة. فدافع عن نظرية البث ضد «أولئك الذين يأخذون الجزء وليس الكل»، مقدراً أن «بث الأشعة البصرية» ليس «وهمياً وخالياً من الحقيقة»[٤٠]. كما اعتقد من ناحية أخرى أن النظرية الإدخالية غير كاملة أكثر مما هي غير صحيحة؛ ويقول عن الرؤية بأنها «ليست مكتملة باستقبال الشكل الحسي وحده من دون مادة، بل بهذا الاستقبال نفسه الممزوج مع انبثاق الإشعاع الصادر عن العين»[٤١].

وفي الجيل التالي قام ألبير الكبير (ت ١٢٨٠م) بتحليل أوسع لنظرية الرؤية. لقد دافع في مؤلفات متنوعة عن نظرية الإدخال لأرسطوطاليس ضد النظريات المنافسة لها، وبخاصة ضد نظرية الذريين الإدخالية ونظريات البث لأفلاطون وإقليدس والكندي. ومع ذلك لم يعترض على توسيع نظرية أرسطوطاليس باعتماد عناصر بصرية هندسية مأخوذة من ابن سينا وابن رشد وابن الهيثم، ومفاهيم تشريحية أيضاً مستقاة من التقليد الجالينوسي[٤٢].

---

(٣٩) حول نظرية الرؤية لغروستيست، انظر: المصدر نفسه، ص ١٠٠ ـ ١٠١. كانت مهمة غروستيست معقدة، لأنه كان يستعمل ترجمة ميشال سكوت (Michael Scott) لكتاب أرسطو *De animalibus*؛ وبسبب خطأ في الترجمة، يبدو أرسطو مدافعاً عن نظرية الانبعاث. انظر:
Sybil Douglas Wingate, *The Mediaeval Latin Versions of the Aristotelian Scientific Corpus, with Special Reference to the Biological Works* (London: Courrier Press, 1931), p. 78.

(٤٠) *De iride*، نقلاً عن: Grant, *A Source Book in Medieval Science*, p. 389.

(٤١) انظر: Grosseteste, *Commentarius in Posteriorum Analyticorum Libros, II.4*, edited by Pietro Rossi (Florence: Leo S. Olschki, 1981), p. 386.
لوحظ وترجم هذا المقطع لأول مرة بواسطة كرومبي انظر: Alistair Cameron Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700* (Oxford: Clarendon Press, 1953).

(٤٢) Lindberg: *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler*, pp. 104-106, and «Roger Bacon and the Origins of *Perspectiva* in the West,» pp. 249-268.

إن ردة الفعل الغربية والتي اتضح أنها الأكثر تأثيراً كانت لروجر بيكون، معاصر ألبير الأكبر. لقد كان بيكون أول عالم غربي استوعب بشكل تام نظام ابن الهيثم البصري؛ إننا لا نعلم على وجه الدقة متى وكيف اطلع على **كتاب المناظر**، لكنه عندما ابتدأ بتأليف أعماله الرئيسة في البصريات، في السنوات ١٢٥٠ أو ١٢٦٠م، برزت فيها نظريات ابن الهيثم التي دلت بقوة على فهمه لهذا العلم. وهكذا اعتمد بيكون تصوراً واسعاً لأهداف علم المناظر، معترفاً بأنه يطال في الواقع مواضيع رياضية وفيزيائية وتشريحية وفيزيولوجية وحتى نفسية.

لقد استمد بيكون جميع الجوانب الأساسية لنظريته في الرؤية من ابن الهيثم. فإن أشكالاً (Species) تنبعث في جميع الاتجاهات من كل نقطة من الحقل البصري. والإشعاع الذي يسقط مائلاً على عين المراقب ينكسر ويضعف. في حين أن الأشعة العمودية هي الوحيدة الفاعلة في عملية الرؤية، وهي تشكل مخروطاً بصرياً يفسر الخاصيات الرياضية للإدراك البصري. وكانت فيزياء الإدراك أيضاً موضوع انتباه كبير من طرف بيكون. فقد وسعها في نظريته حول تعدد الأشكال. إن هذه الأشكال تدرَك داخل العين في عدسات الجليدية، ومن ثم تنتقل عبر «الطريق البصري»، الذي حدده جالينوس وحنين بن إسحق، إلى الدماغ[٤٣].

لكن بيكون كان يملك ميولاً توفيقية قوية. لقد وجد ابن الهيثم مقنعاً، لكنه لم يرد إنكار نفوذ أفلاطون أو إقليدس أو أرسطوطاليس أو بطلميوس أو القديس أغسطينوس أو الكندي. لذلك حاول إثبات التوافق بين جميع هذه المرجعيات الرئيسة في علم البصريات، فمفاهيم هؤلاء العلماء قد تكون جزئية، لكن أياً منها ليس خاطئاً. وهكذا انقاد إلى طرح مسائل مثيرة للاهتمام كمسألة معرفة ما إذا كان تحول الوسط الذي اقترحه أرسطوطاليس، وأشكال ابن الهيثم، وأشكال غروستست ما هي إلا الشيء نفسه (في الواقع كان هذا أيضاً هو رأي بيكون). أما معضلة التوفيق بين نظرية الإدخال لأرسطوطاليس وابن الهيثم، ونظرية البث لإقليدس وبطلميوس والقديس أغسطينوس والكندي فقد كانت أكثر صعوبة. لقد حل بيكون هذه المعضلة بطريقة بارعة، إذ أوضح أنه على الرغم من أن أرسطوطاليس وابن الهيثم كانا محقين في تأكيدهما أن إدخال الأشعة هو السبب المباشر للرؤية، إلا أن لا شيء في أعمالهما يستبعد وجود إشعاع متزامن للأشكال الصادرة عن العين ـ فالأشكال هذه تُستخدم لتحسين الضوء أو الأشكال الواردة الى العين، بتحضير هذه الصور الأخيرة للتأثير في العين وفي القدرة البصرية.

من غير المفيد هنا الدخول في تفاصيل نظرية بيكون. والشيء المهم هو أنه قدم تركيباً

---

(٤٣) حول نظرية الرؤية لبيكون، انظر: Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler,* pp. 107-116.

ضخماً للمعارف البصرية اليونانية والعربية، وقد أظهر هذا التركيب تأثيره الكبير لأكثر من ثلاثمئة سنة. لم تكن النسخ المخطوطة لأعمال بيكون البصرية وحدها واسعة الانتشار، بل إن أفكاره أيضاً تعممت بشكل واسع النطاق عبر الكتب الشعبية لمعاصريه الأصغر منه سناً أمثال ويتلو وجان پاشام. كذلك استمرت أعمال ابن الهيثم في نفس العصر، في نشر المعارف في علم البصريات وفي توجيهها بشكل مباشر. وتابعت مدرسة المنظور (Perspectiva) مسيرتها عبر القرون الرابع عشر والخامس عشر والسادس عشر بدمج إنجازات ابن الهيثم وأعمال مؤلفين آخرين، يونانيين وعرباً. وعندما تطرق جوهانس كبلر (Johannes Kepler) إلى مسألة الرؤية في أوائل القرن السابع عشر، ابتدأ من حيث كان ابن الهيثم قد توقف[٤٤].

(٤٤) حول تأثير البصريات العربية، انظر دايڤيد ليدنبرغ، «المقدمة،» لإعادة طبع:
Abū ʻAlī al-Ḥasan Ibn al-Ḥasan Ibn al-Haytham, *Opticæ Thesaurus. Alhazeni Arabis Libri Septem... Item Vitellonis Thuringopoloni Libri X,* edited by Federico Risnero (Basel: Per Episcopios, 1572), reprinted (New York: Johnson Reprint Corporation, 1972), pp. xxi-xxv, and Lindberg, Ibid., chaps. 6-9.

المراجع

١ ـ العربية

كتب

ابن أبي أصيبعة، أبو العباس أحمد بن القاسم. **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**. تحقيق ونشر أ. مولر. القاهرة؛ كونغسبرغ: [د. ن.]، ١٨٨٢ ـ ١٨٨٤.

ابن البطريق، أبو الحسين يحيى بن الحسن. **في السماء والآثار العلوية**. تعريب كتاب أرسطوطاليس *Météorologiques*. نشرة عبد الرحمن بدوي. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦١.

ابن سينا، أبو علي الحسين بن عبد الله. **جوامع علم الموسيقى**. نشر زكريا يوسف. القاهرة: دار الكتب، ١٩٥٦.

ــــــ. **كتاب الشفاء**. نشر ف. رحمن. لندن: مطبوعات جامعة أوكسفورد، ١٩٧٠.

ــــــ. **كتاب الشفاء ـ الطبيعيات**. نشر ج. قنواتي وس. زايد. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٧٠.

ــــــ. **معيار العقول** (النص الفارسي). تصحيح جلال الدين همائي. طهران: [د. ن.]، ١٣٣١هـ/ ١٩٥٢م. (سلسلة انتشارات انجمن آثارملى؛ ٢٤)

ابن شاكر، محمد بن موسى. **رسائل الطوسي**. حيدر آباد، الهند: [د. ن.]، ١٩٤٠.

ــــــ. **كتاب الحيل**. نشرة نقدية للنص العربي من قبل أحمد يوسف الحسن بالتعاون مع محمد علي خيّاطة ومصطفى تعمري. حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١. (مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة

تاريخ التكنولوجية؛ ٣)

ابن عراق، أبو نصر منصور بن علي. **رسائل أبي نصر بن عراق إلى البيروني**. حيدر آباد الدكن: مطبعة جمعية دائرة المعارف، ١٩٤٨.

ابن غازي، أبو عبد الله محمد بن أحمد. **بغية الطلاب في شرح منية الحساب**. لابن غازي المكناسي الفاسي. تحقيق ونشر محمد السويسي. حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨٣. (مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٤).

ابن الهيثم، أبو علي محمد بن الحسن. **الشكوك على بطليموس**. تحقيق عبد الحميد صبره ونبيل الشهابي؛ تصدير إبراهيم مدكور. القاهرة: مطبعة دار الكتب، ١٩٧١.

ـــــــ. **كتاب في حل شكوك إقليدس في الأصول وشرح معانيه**. صورة فوتوغرافية عن مخطوطة اسطنبول. فرنكفورت ـ أم ـ مان: [د. ن.]، ١٩٨٥.

ـــــــ. **كتاب المناظر**. تحقيق ونشر علي أ. صبرا. الكويت: معهد المخطوطات العربية، ١٩٨٣.

ـــــــ. **مجموع الرسائل**. حيدر آباد: [د. ن.]، ١٩٣٨ ـ ١٩٣٩.

أبو كامل. **كتاب في الجبر والمقابلة**.

ـــــــ. **الوصايا بالجبر**.

الأصبهاني، أبو الفرج علي بن الحسين. **كتاب الأغاني**. تحقيق علي محمد البجاوي. القاهرة: دار الكتب المصرية، القسم الأدبي، ١٩٢٧ ـ ١٩٧٤. ٢٤ ج. بولاق، مصر: المطبعة المصرية، ١٢٨٥ هـ. ٢١ ج في ١٠.

الإقليدسي، أبو الحسن أحمد بن ابراهيم. **الفصول في الحساب الهندي**. تحقيق أحمد سعيد سعيدان. عمّان: اللجنة الأردنية للتعريب والنشر والترجمة، ١٩٧٣. ط ٢. حلب: جامعة حلب، معهد تاريخ العلوم العربية، ١٩٨٦. (تاريخ علم الحساب العربي؛ ٢)

الأموي، أبو عبد الله يعيش بن إبراهيم. **مراسم الانتساب في علوم الحساب**. نشر أحمد سليم سعيدان. حلب: جامعة حلب، معهد تاريخ العلوم العربية، ١٩٨١. (مصادر ودراسات في تاريخ الحساب العربي؛ ٢)

البغدادي، أبو منصور عبد القاهر بن طاهر. **التكملة في الحساب مع رسالة في المساحة**. تحقيق أحمد سليم سعيدان. الكويت: معهد المخطوطات العربية، ١٩٨٥.

البغدادي، صفي الدين عبد المؤمن بن أبي المفاخر الأرموي. **كتاب الأدوار في الموسيقى**. تحقيق ونشر غطاس عبد الملك خشبة؛ مراجعة وتصدير أحمد الحفني. القاهرة: الهيئة

المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٦. (مركز تحقيق التراث)

البوزجاني، أبو الوفاء محمد بن محمد. **حساب اليد: تحقيق لكتاب المنازل السبع**. تحقيق أحمد سليم سعيدان. عمان: [د. ن.]، ١٩٧١. (تاريخ علم الحساب العربي؛ ج ١)

البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد. **استخراج الأوتار في الدائرة**. نشر الدمرداش. القاهرة: المؤسسة المصرية العامة للتأليف والأنباء والنشر، ١٩٦٥.

ـــــــ. **رسائل البيروني**. حيدر آباد الدكن: مطبعة جمعية دائرة المعارف، ١٩٤٨.

ـــــــ. **القانون المسعودي**. صحح عن النسخ القديمة الموجودة في المكاتب الشهيرة، تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٤ ـ ١٩٥٦. ٣ ج. ج ٣: **المقالة الثالثة من القانون المسعودي**. تحقيق إمام ابراهيم أحمد. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٨٥. (مجموعة لجنة إحياء التراث الإسلامي)

حاجي خليفة، مصطفى بن عبد الله. **كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون**. عني بتصحيحه محمد شرف الدين يالتقايا ورفعت بيلكه الكليسي. استانبول: طبع بعناية وكالة المعارف، ١٩٤١ ـ ١٩٤٣. ٢ مج.

الخازني، أبو منصور عبد الرحمن. **كتاب ميزان الحكمة**. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٤١.

الخوارزمي، أبو عبد الله محمد بن موسى. **كتاب الجبر والمقابلة**. تحقيق ونشر علي مصطفى مشرّفة ومحمد مرسي أحمد. القاهرة: الجامعة المصرية، كلية العلوم، ١٩٣٩.

الخيام، عمر. **رسائل الخيام الجبرية**. تحقيق وتحليل رشدي راشد وأحمد جبار. حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١. (مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٣)

ديوفنطس الإسكندراني. **صناعة الجبر**. ترجمة قسطا بن لوقا؛ تحقيق وتقديم رشدي راشد. القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٥. (التراث العلمي العربي؛ ١)

السموأل بن يحيى بن عباس المغربي. **الباهر في الجبر**. ملحوظات وتقديم ونشر صلاح أحمد ورشدي راشد. دمشق: جامعة دمشق، ١٩٧٣. (سلسلة الكتب العلمية؛ ١٠)

الصفدي، صلاح الدين خليل بن أيبك. **رسالة في علم الموسيقى**. تحقيق ونشر عبد المجيد دياب وغطاس عبد الملك خشبة. القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩١.

الطوسي، نصير الدين محمد بن محمد. **تحرير إقليدس في علم الهندسة**. طهران: [د. ن.]، ١٢٩٢ هـ/ ١٨٨١م.

الفارابي، أبو نصر محمد بن محمد. **إحصاء العلوم**. حققها وقدم لها عثمان أمين. ط ٣. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦٨.

ــــــ. **كتاب الموسيقى الكبير**. القاهرة: دار الكتاب العربي، ١٩٣٧.

الفارسي، كمال الدين أبو الحسن. **تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر**. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف، ١٣٤٧ ـ ١٣٤٨هـ/ ١٩٢٨ ـ ١٩٣٠م. ٢ ج.

القفطي، أبو الحسن علي بن يوسف. **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمّى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**. تحقيق يوليوس ليبرت. ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣.

الكاشي، غياث الدين جمشيد بن مسعود. **مفتاح الحساب**. تحقيق ونشر أحمد سعيد الدمرداش ومحمد حمدي الحفني الشيخ؛ مراجعة عبد الحميد لطفي. القاهرة: دار الكتاب العربي للطباعة والنشر، ١٩٦٧.

الكرخي، أبو بكر محمد بن الحسن. **الكافي في الحساب**. شرح وتحقيق سامي شلهوب. حلب: جامعة حلب، معهد تاريخ العلم العربي، ١٩٨٦. (مصادر ودراسات في تاريخ الرياضيات العربية؛ ٥)

ــــــ. **كتاب البديع في الحساب**. تحقيق ونشر عادل أنبوبا. بيروت: الجامعة اللبنانية، ١٩٦٤. (الجامعة اللبنانية، قسم الدراسات الرياضية؛ ٢)

الكندي، أبو يوسف يعقوب بن إسحق. **رسائل الكندي الفلسفية**. تحقيق وتقديم محمد عبد الهادي أبو ريدة. القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣. ٢ ج.

ــــــ. **كتاب في الصناعة العظمى**. تحقيق ونشر عزمي طه السيد أحمد. قبرص: دار الشباب، ١٩٨٧.

المجوسي، أبو الحسن علي بن العباس. **الكتاب الكامل في الصناعة الطبية المعروف بالملكي**. القاهرة: بولاق، ١٢٩٤هـ/ ١٨٧٧م. ٢ ج.

نظيف، مصطفى. الحسن بن الهيثم: **بحوثه وكشوفه البصرية**. القاهرة: مطبعة نوري، ١٩٤٢ ـ ١٩٤٣. ٢ ج. (جامعة فؤاد الأول، كلية الهندسة؛ المؤلف رقم ٣)

دوريات

الطوسي، نصير الدين. «جوامع الحساب بالتخت والتراب.» تحرير أحمد سليم سعيدان. **الأبحاث**: السنة ٢٠، الجزء ٢، حزيران /يونيو ١٩٦٧، والسنة ٢٠، الجزء ٣، أيلول / سبتمبر ١٩٦٧.

٢ ـ الأجنبية

Books

Adam, Charles et Paul Tannery (eds.). *Vie et œuvres de Descartes*. Paris: Léopold Cerf, 1910.

Alfonso. *Meyashshēr 'Aqōb, Vypryamlyayushchiĭ Krivoye*. Texte hébreu, traduction russe de G. M. Gluskina; commentée par G. M. Gluskina, S. Y. Luria et B. A. Rosenfeld. Moscou: [s. n.], 1983.

Allard, André. *Muḥammad Ibn Mūsā al-Khwarīzmī: Le Calcul indien (algorismus), histoire des textes, édition critique, traduction et commentaire des plus anciennes versions latines remaniées du XII^e siècle*. Paris/Namur: [s. n.], 1992.

———. *Maxime Planude: Le Grand calcul selon les indiens*. Louvain-la -Neuve: Publications universitaires, 1981. (Travaux de la faculté de philosophie et lettres de l'université catholique de louvain, XXVII).

Archibald, Raymond Clare. *Euclede's Book on Divisions of Figures, with a Restoration*. Based on Woepcke's text and on the Practica Geometriæ of Leonardo Pisano. Cambridge, Mass.: University Press, 1915.

Aristoteles. *Aristotelis Mechanica Problemata*. Edited by C. Tauchnitianae. Lipsiae: O. Holtze, 1868. (Half-title: Aristotelis Opera Omnia; v. XVI)

———. *Les Météorologiques*. Traduction par J. Tricot. Paris: J. Vrin, 1941; English translation by C. Petraitis. *The Arabic Version of Aristotle's Meteorology*. A critical edition with an introduction and greek - arabic glossaries. Beyrouth: Dar El-Machreq, 1967. (Université Saint Joseph, institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1: Pensée arabe et musulmane; t. 39)

———. *The Works of Aristote*. Translated into english under the editorship of W. D. Ross. Oxford: Oxford University, 1928-1952. 12 vols.

Arnaldez, R. [et al.]. *La Science antique et médiévale des origines à 1450*. Paris: Presses universitaires de France, 1966. (Histoire générale des sciences; 1)

Arrighi, Gino. *Libro d'abaco. Dal Codice 1754 (sec. XIV) della Biblioteca St. di Lucca*. Lucca: [n. pb.], 1973.

———. *La Practica de geometria*. Pisa: Domus Galilaeana, 1966. (Testimonianze di storia della scienza; III)

———. *Trattato d'abaco. Dal Codice Acq. e doni 154 (sec. XV) della Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze*. Pisa: Domus Galilaeana, 1974. (Testimonianze di storia della scienza; VII)

———. *Trattato d'aritmetica*. Pisa: Domus Galilaeana, 1964. (Testimonianze di storia della scienza; II)

Avicenna. *Liber de anima seu sextus de naturalibus, I-II-III*. Edited by S.Van Riet.

Louvain: E. Peeters; Leiden: E. J. Brill, 1972.

Bacon, Roger. *The 'Opus Majus'*. Edited by John Henry Bridges. London: Williams Norgate, 1900. 3 vols.

———. *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition with English Translation, Introduction and Notes, of 'De multiplicatione specierum' and 'De speculis comburentibus'. Edited and translated by David C. Lindberg. Oxford: Clarendon Press, 1983.*

Badawī, 'Abd al-Rahman. *Commentaires sur Aristote perdus en grec et autres épîtres*. Beyrouth: Dar El-Machreq, 1968. (Institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, t. 1, nouv. série langue arabe et pensée islamique)

Bar Hebraeus, G. *Gregorii Abulpharagii sive Bar-Hebraei Chronicon Syriacum*. Noté par Paulus Iacobus Bruns; édité par Georgius Guilielmus Kirsch. Lipsiae: Apud Adamum Friedericum Boehmium, 1789. 2 vols

Barnes, Jonathan, Malcolm Schofield and Richard Sorabji (eds.). *Articles on Aristotle*. London: Duckworth, 1975-1979. 4 vols.
vol 4: *Psychology and Aesthetics.*

Becker, Oskar. *Grundlagen der Mathematik in Geschichtlicher Entwicklung*. München; Freiburg: K. Alber, 1964.

Benson, Robert L. and Giles Constable (eds.). *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century*. Oxford: Clarendon Press, 1982.

Bergsträsser, G. *Ḥunayn b. Isḥāq und seine Schule*. Leiden: [n. pb.], 1931.

———.*Neue Materialen zu Ḥunayn b. Isḥāq's Galen Bibliographie*. Lichtenstein: Neudeln, 1966.

Berlet, B. *Adam Riëse, sein Leben, seine Rechenbücher und seine Art zu Rechnen. Die Coss von Adam Riese*. Leipzig; Frankfurt: [n. pb.], 1892.

Al-Bīrūnī, Abu al-Rayhan Muhammad Ibn Ahmad. *Ifrād al-maqāl fī 'amr al-Ẓilāl: The Exhaustive Treatise on Shadows*. Translation and comment by Edward Stewart Kennedy. Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1976. 2 vols.

———. *Kitāb maqālīd 'ilm al-hay'a: La Trigonométrie sphérique chez les arabes de l'est à la fin du Xᵉ siècle*. Edition, traduction et commentaire par Marie-Thérèse Debarnot. Damas: Institut français de Damas, 1985.

———. «Maqāla fī al-nisab allatī bayna al-filizzāt wa al-jawāhir fī al-ḥajm (Le Livre sur la relation existant entre les volumes des métaux et ceux des pierres précieuses).» Traduction russe par M. M. Rozhanskaya et B. A. Rozenfeld, dans: *Nauchnoye nasledstvo*. Moskva: Nauka, 1983. vol. 6.

Blume, Friedrich, K. Lachmann and A. Rudorff. *Die Schriften Der Römischen Feldmesser*. Berlin: Reprografischer Nachdruck der Ausg., 1848-1852. 2 vols.

Boncompagni-Ludovisi, Baldassare. *Algoritmi de numero Indorum*. Roma: Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1857. (Trattati d'aritmetica; I)

———.*Iohannis Hispalensis liber algorismi de pratica arismetrice*. Roma: Tipografia

delle scienze matematiche e fisiche, 1857. (Trattati d'aritmetica; II)
———. *Scritti di Leonardo Pisano. I:Il liber abbaci. II: Practica geometriæ ed opusculi.* Roma: Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1857-1862.

Brahmagupta. *The Khaṇḍakhādyaka: An Astronomical Treatise of Brahmagupta.* Translated into english with an introduction, notes, illustrations and appendices by P. C. Sengupta. Calcutta: University of Calcutta, 1934.

Braunmühl, Anton elder von. *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie.* Leipzig: B. G. Teubner, 1900-1903. 2 vols.

Burnett, C. (ed.). *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century.* London: [n. pb.], 1987. (Warburg Institute, Surveys and Texts; XIV)

Busard, H. L. L. *The First Latin Translation of Euclid's Elements Commonly Ascribed to Adelard of Bath.* Toronto: [n. pb.], 1983. (Pont. Institute of Mediaeval Studies, Studies and Texts; LXXIV)

———. *The Latin Translation of the Arabic Version of Euclid's Elements Commonly Ascribed to Gerard of Cremona.* Leiden: Brill, 1984.

——— (ed.). *The Translation of the Elements of Euclid from the Arabic into Latin by Hermann of Carinthia.* Books 1-6. Leiden: Brill, 1968. Books 7-12. Amsterdam: [n. pb.], 1977.

Carathéodory, A. Pacha. *Traité du quadrilatère.* Constantinople: [s. n.], 1891.

Clagett, Marshall. *The Science of Mechanics in the Middle Ages.* Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1959. (University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 4)

———. (ed.). *Archimedes in the Middle Ages.* Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1964-1984. (University of Wisconsin Publications in Medieval Science; 6). 5 vols.

Cohen, Morris Raphael and I. E. Drabkin. *A Source Book in Greek Science.* Cambridge, Mass.: Harvard University, 1948. (Source Books in the History of Science)

Cohen, Robert S. (ed.). *Boston Studies in the Philosophy of Sciences.* Boston: Reidel Pub. Co., 1973.

Coolidge, Julian Lowell. *A History of Geometrical Methods.* Oxford: Clarendon Press, 1940. Reprinted, New York: Dover Publications, 1963.

Crombie, Alistair Cameron. *The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1967.

———. *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700.* Oxford: Clarendon Press, 1953.

Crosby, Henry Lamar (ed.). *Thomas of Bradwardine, His Tractatus de Proportionibus; Its Significance for the Development of Mathematical Physics.* Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1955.

Curtze, Maximilian. *Jordani Nemorarii Geometria, vel De Triangulis Libri IV*. Thorn: E. Lambeck, 1887.

———. *Petri Philomeni de Dacia in Algorismum Vulgarem Johannis de Sacrobosco Commentarius una cum Algorismo ipso*. Copenhague: [n. pb.], 1897.

Dickson, Leonard Eugene. *History of Theory of Numbers*. New York: Chelsea, 1952. (Carnegie Institution of Washington; Publication no. 256). 3 vols. Reprinted, 1966.

Dictionary of Scientific Biography. New York: Scribner, 1970-1990. 18 vols.

Diophante. *Les Arithmétiques*. Texte établi et traduit par Roshdi Rashed. Paris: Les Belles lettres, 1984. (Collection des universités de France)

Duhem, Pierre Maurice Marie. *Les Origines de la statique*. Paris: Hermann, 1905-1906. 2 vols.

Eastwood, Bruce S. *Astronomy and Optics from Pliny to Descartes*. London: Variorum Reprints, 1989.

Ecole Nat. de chartes: Position des thèses. Paris: [s. n.], 1969.

Encyclopaedia Iranica. Edited by Ehsan Yarshater. London: Routledge and Kegan Paul, 1986-1987.

Encyclopédie de l'Islam. 2ème ed. Leiden: E. J. Brill, 1960-. 6 vols. parus. Réimprimé, Paris: Maisonneuve et Larose, 1986.

Erlanger, Rodolphe de. *La Musique arabe*. Paris: Geuthner, 1930-1959. 6 vols.

Euclide. *Les Eléments*. Traduit par F. Peyrard. Paris: [s. n.], 1819.

———. *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Translated and commented by T.L. Heath. Cambridge: [n. pb.], 1926.

Al-Fārābī, Abu Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad. *Al-Rasā'il al-riyāḍiyya (Matematicheskie Traktaty)*. Traduction russe et édition de A. Kubesov et B. A. Rosenfeld. Alma-Ata: [s. n.], 1973.

Farmer, Henry George. *A History of Arabian Music to the XIIIth Century*. London: Luzac, 1929.

———. *The Sources of Arabian Music*. An annotated bibliography of arabic manuscripts which deal with the theory, practice, and history of arabian music from the eighth to the seventeenth century. Leiden: E. J. Brill, 1965.

Folkerts, Menso. *Anonyme Lateinische Euklidbearbeitungen aus dem 12. Jahrhundert*. Wien: [n. pb.], 1971.

———. *«Bœthius» Geometrie II; Ein Mathematisches Lehrbuch des Mittelalters*. Wiesbaden: F. Steiner, 1970. (Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 9)

——— and U. Lindgren (eds.). *Mathemata. Festschrift für H. Gericke*. Stuttgart: [n. pb.], 1985.

Franceshi, Pietro di Benedettodei. *Trattato d'abaco. Dal Codice Ashburnhamiano (359-391) della Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze*. Introduction by Gino Arrighi. Pisa: Domus Galilaeana, 1970. (Testimonianze di storia della scienza; VI)

Galenus. *De Placitis Hippocratis et Platonis, (Sur les doctrines d'Hippocrate et de Platon)*. Edité et traduit par P. de Lacy. Berlin: Akademie Verlag, 1978. (Corpus Græcorum Medicorum; VII)

———. *Galen, on the Usefulness of the Parts of the Body. De usu partium*. Translated by M. T. May. Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1968. 2 vols.

———. *On Anatomical Procedures, the Later Books*. Translated by W. L. H. Duckworth. Cambridge, [Eng.]: University Press, 1962.

Gätje, Helmut. *Die Arabische Übersetzung der Schrift des Alexander von Aphrodisias über die Farbe*. Göttingen: [n. pb.], 1967.

Geymonat, Marius. *Euclidis latine facti fragmenta Veronensia*. Milano: Instituto Editoriale Cisalpino, 1964.

Graffin, F. *Patrologia Orientalis*. Belgique: Brepols, 1981.

Grant, Edward (ed.). *A Source Book in Medieval Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974. (Source Books in the History of the Sciences)

——— and John E. Murdoch (eds.). *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1987.

Grosseteste. *Commentarius in Posteriorum analyticorum libros, II.4*. Edited by Pietro Rossi. Florence: Leo S. Olschki, 1981.

Grove, George (Sir). *Grove's Dictionary of Music and Musicians*. Edited by J. A. Fuller Maitland. Philadelphia, PA.: T. Presser Co., 1916. 5 vols.

Guettat, Mahmoud. *La Musique classique du Maghreb*. Paris: Sindbad, 1980. (La Bibliothèque arabe. Collection hommes et sociétés)

Halliwell-Phillips, James Orchard. *Rara Mathematica*. London: J. W. Parker, 1841.

Haskins, Charles Homer. *Studies in the History of Mediaeval Science*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1924. Reprinted, New York: Ungar Pub. Co., 1960.

Heath, Thomas Little (Sir). *A History of Greek Mathematics*. Oxford: Clarendon Press, 1921. Reprinted, Oxford: Clarendon Press, 1960-1965. 2 vols.

Heiberg, I. L. and Heinrich Menge (eds.) *Euclidis Opera Omnia*. Lipsiae: In aedibus B. G. Teubneri, 1899.

Hippone, Augustin de. *La Genèse au sens littéral*. Edité et traduit par P. Agaësse et A. Solignac. Paris: Desclée de Brouwer, 1970. 2 vols.

Hirschberg, J. and J. Lippert. *'Ali b. 'Isā*. Leipzig: [n. pb.], 1904.

———, ——— and E. Mittwoch. *Die Arabischen Lehrbücher der Augenheilkunde*. Berlin: Verlag der Konigl, Akademie der Wissenschaften, 1905.

Homenaje a Millás-Vallicrosa. Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1954-1956. 2 vols.

Hughes, Barnabas B. *Jordanus de Nemore: De Numeris Datis*. Berkeley, Calif; Los Angeles: [n. pb.], 1981.

Ḥunayn Ibn Isḥāq. *Kitāb al-'ashar maqālāt fī al-'ayn al-mansūb li-Ḥunayn Ibn Isḥāq:*

The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Hunain Ibn Ishâq (809-877 A.D.). Edited and translated by Max Meyerhof. Cairo: Government Press, 1928.

Hunger, Herbert and Kurt Vogel. (eds.). *Ein Byzantinisches Rechenbuch des 15. Jahrhunderts*. Wien: Kommissionsverlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 1963.

Ibn al-Haytham, Abū 'Alī al-Ḥasan Ibn al-Ḥasan. *Opticæ Thesaurus. Alhazeni Arabis Libri Septem... Item Vitellonis Thuringopoloni Libri X*. Edited by Federico Risnero. Basel: Per Episcopios, 1572. Reprinted, New York: Johnson Reprint Corporation, 1972.

Ibn al-Nadīm, Muḥammad Ibn Isḥāq. *Kitāb al-Fihrist*. Mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller. Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871-1872. 2 vols; Traduction anglaise par: Bayard Dodge (ed. and tr.) . *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture*. New York: Columbia University Press, 1970. 2 vols. (Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83)

Ibn Rushd. *Epitome of the Parva Naturalia*. Translated by Harry Blumberg. Cambridge, Mass.: Mediaeval Academy of America, 1961. (Mediaeval Academy of America; Publication no. 54)

Ibn Shākir, Mohammed Ibn Mūsā. *The Banū (Sons of) Mūsā Ibn Shākir: The Book of Ingenious Devices (Kitāb al- ḥiyal)*. Translated by Donald Routledge Hill. Dordrecht; Boston; London: Reidel Publishing Company, 1979.

Ibn Sīnā, Abū 'Ali Husain Ibn 'Abd Allah. *A Compendium on the Soul*. Translated by Edward Abbott Van Dyck. Verona: Stamperia di N. Paderno, 1906.

———. *Kitāb al- Najāt (Avicenna'a Psychology)*. translated by F. Rahman. Oxford: [n. pb.], 1952.

———. *Kitāb al-Shifā' (Avicenna's De Anima: Being the Psychological Part of Kitāb al-Shifā')*. Edited by F. Rahman. London; New York: Oxford University Press, 1970.

———. *Le Livre de science*. Traduit par Mohammad Achena et Henri Massé. Paris: Société d'édition «Les Belles lettres», 1955-1958.

Ibn Waḥshiyah, Ahmad Ibn 'Alī. *Ancient Alphabets and Hieroglyphic Characters Explained*. English translation by Joseph Hammer. London: W. Bulmer, 1806.

Isidore de Séville. *Isidori Hispalensis Episcopi Etymologiarum sive originum libri XX*. Edited by W. M. Lindsay. Oxford: Clarendon Press, 1911. 2 vols.

Al-Jazarī, Abū al-Izz Ismail Ibn al-Razzaz. *A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts*. Critical edition by Ahmad Y. al-Hasan. Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979; English translation: *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*. Translated with notes by Donald Routledge Hill. Dordrecht; Boston: Reidel Publishing Company, 1974.

Kahn, David. *The Codebreakers: The Story of Secret Writing*. New York: Macmillan, 1967.

Kennedy, Edward Stewart [et al.]. *Studies in the Islamic Exact Sciences*. Beirut: American University of Beirut, ©1983.

Al-Khayyām, Omar. *Rasā'il (Traktaty)*. Texte arabe, traduction russe de B. A. Rosenfeld, commenté par B. A. Rosenfeld et A. P. Youschkevitch. Moskva: Izd. Vostochnoi Literatury, 1961-1962.

Al-Khuwārizmī, Muḥammad Ibn Mūsā. *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of al-Khowarizmi*. Edited by Louis Charles Karpinski. New York: Macmillan, 1915. (Contributions to the History of Science; pt. 1)

King, David A. *Spherical Astronomy in Medieval Islam: The Ḥākimī Zīj of Ibn Yūnus*. Frankfurt.

Klibansky, Raymund (ed.). *Plato Latinus*. Leiden: E. J. Brill, 1962.

Knorr, Wilbur R. *Ancient Sources of the Medieval Tradition of Mechanics: Greek, Arabic and Latin Studies of the Balance*. Firenze: [n.pb.], 1982. (Istituto e Museo di Storia della scienza; Monografia no. 6).

Kūshyār Ibn Labbān. *Principles of Hindu Reckoning*. Translated by Martin Levey and Marvin Petruct. Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1965. The Arabic text is edited by A. Saïdan, in: *Revue de l'institut de manuscrits arabes (Majalla Ma'had al-Makhṭūṭāt al-'Arabiyya)* (Le Caire): mai 1967.

Al-Kuwārizmī, Abū 'Abd Allāh Muhammad Ibn Ahmad. *Liber mafātīh al-olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jūsof al-Kātib al-Khowarezmi*. Edidit et indices adjecit G.Van Vloten. Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1895. Réimprimé, Leiden: E. J. Brill, 1968.

Labarta, A. and C. Barceló. *Numeros y cifras en los documentos arábigohispanos*. Cordoba: [n. pb.], 1988.

Lavignac, Albert (ed.). *Encyclopédie de la musique et dictionnaire du conservatoire*. Paris: C. Delagrave, 1913-1931.

Lejeune, Albert. *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géométrique grecque*. Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux du «Recueil», 1948. (Université de Louvain, recueil de travaux d'histoire et de philologie; 3. sér., 31-fasc.)

——— (ed.). *L'Optique de Claude Ptolémée dans la version latine d'après l'arabe de l'émir Eugène de Sicile*. Louvain: Bibliothèque de l'université, bureaux du «Recueil», 1956. (Université de Louvain, recueil de travaux d'histoire et de philologie; 4. sér., fasc. 8)

Levey, Martin. *The Algebra of Abū Kāmil: Kitāb fī al-jabr wa'l-muqābala*. Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1966.

Libri, Guillaume. *Histoire des sciences mathématiques en Italie: Depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle*. Paris: Renouard, 1938. 2 vols.

Lindberg, David C. *John Pecham and the Science of Optics*. Madison, Wis.: University

of Wisconsin Press, 1970.

———. *Studies in the History of Medieval Optics.* London: Variorum Reprints, 1983.

———. *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1976.

——— (ed.). *Science in the Middle Ages.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1978.

——— and Geoffrey Cantor (eds.). *The Discourse of Light from the Middle Ages to the Enlightenment.* Los Angeles: William Andrews Clark Memorial Library, 1985.

Luckey, Paul. *Die Rechenkunsh bei Gamšīd b. Mas'ūd al-Kāšī.* Wiesbaden: Steiner, 1951.

Machamer, Peter K. and Robert C. Turnbull (eds.). *Studies in Perception: Interrelations in the History of Philosophy of Science.* Columbus, Ohio: [n. pb.], 1978.

Manuel, Roland (ed.). *Histoire de la musique.* Paris: Gallimard, 1960. (Encyclopédie de la plélade; 9, 16)

Mélanges Alexandre Koyré. Paris: Hermann, 1964. 2 vols. (Histoire de la pensée; 12-13)

vol. 1: *L'Aventure de la science.*

Meyerhof, Max et Paul Sbath (eds.) *Le Livre des questions sur l'œil de Honaïn Ibn Ishāq.* Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archeologie orientale, 1938.

Miquel, André. *L'Islam et sa civilisation, VII*[e]*-XX*[e] *siècles.* Paris: Armand Colin, 1968. (Collection destins du monde)

Moody, Ernest Addison and Marshall Clagett. *The Medieval Science of Weights.* Latin version and english translation. Madison, Wis.: University of Wisconsin Press, 1952.

Mueller, I. (ed.). *Essays around the Mathematical Sciences of the Greeks.* Apeiron: [n. pb.], 1991.

Al-Nasawī, Ali Ibn Ahmad. *Nasawī Nāmih.* Edité par Abū al-Qāsim Qurbānī. Téhéran: [s. n.], 1973.

Nasr, S. H. (ed.). *The Ismaili Contributions to Islamic Culture.* Tehran: [n. pb.], 1977.

Nauchnoye nasledstvo. Moskva: Nauka, 1983-1984.

Needham, Joseph. *Science and Civilization in China.* With the research assistance of Wang Ling. Cambridge, [Eng.]: Cambridge University Press, 1954-1986. 6 vols. in 12.

Neugebauer, Otto. *The Exact Sciences in Antiquity.* 2nd ed. New York: Dover Publications, 1957. Traduction française par P. Souffrin. *Les Sciences exactes dans l'antiquité.* Arles: Actes Sud, 1990.

———. *A History of Ancient Mathematical Astronomy.* New York: Springer-Verlag, 1975. 3 vols. (Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences; 1)

North, John David. *Richard of Wallingford: An Edition of His Writings.* Oxford: Clarendon Press, 1976. 3 vols.

Nutton, V. (ed.). *Galen: Problems and Prospects*. London: [n. pb.], 1981.

Pacioli, L. *Summa de arithmetica, geometria, proportioni e proportionalita*. Venice: [n. pb.], 1494. 2 vols.

Pappus d'Alexandrie. *La Collection mathématique*. Traduit par Paul Ver Eecke. Paris: Bruges, Desclée, de Brouwer, 1933.

———. *Commentaires de Pappus et Théon d'Alexandrie sur l'Almageste*. Rome: Biblioteca Apostolica Vaticana, 1936. (Vatican, Biblioteca Vaticana, Studi e testi; 54, 72)

Pastore, Nicholas. *Selective History of Theories of Visual Perception, 1600-1950*. New York: [n. pb.], 1971.

Pines, Shlomo. *Beiträge zur Islamischen Atomenlehre*. Berlin: Gräfenhainichen, Gedruckt bei A. Heine, 1936.

———. *The Collected Works of Shlomo Pines: Studies in Arabic Versions of Greek Texts and in Mediaeval Science*. Jerusalem: [n. pb.], 1986.

Platon. *Théététe*. Traduction française. Paris: Les Belles lettres, 1924.

———. *Timée*. Traduction française. Paris: Les Belles lettres, 1925.

Pline l'Ancien. *Histoire naturelle*. Etabli et traduit par J. Beaujeu. Paris: Les Belles lettres, 1950.

Polyak, Stephen Lucian. *The Vertebrate Visual System*. Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1957. 3 vols.

Ptolemaeus, Claudius. *La Composition mathématique*. Traduction française par N. Halma. Paris: J. Hermann, 1813.

Ptolemy. *Ptolemy's Almagest*. Translated and annotated by G. J. Toomer. New York: Springer-Verlag, 1984.

Rashed, Roshdi. *Dioclès, Anthémius de Tralles, Didyme et al.: Sur les miroirs ardents*. (sous presse). (Collection G. Budé)

———. *Dioptrique et géométrie au X^e siècle: Ibn Sahl, al-Qūhī et Ibn al-Haytham*. Paris: Les Belles lettres, 1991.

———. *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*. Paris: Les Belles lettres, 1984. (Collection sciences et philosophie arabes)

———. *Œuvres mathématiques d'Ibn al-Haytham*. Paris: sous presse.

——— (ed.). *Mathématiques et philosophie de l'antiquité à l'âge classique*. Paris: Editions du CNRS, 1991.

Al-Rāzī, Abū Bakr Muhammad Ibn Zakariyyah. *Trois traités d'anatomie arabes, par Muhammed Ibn Zakariyyā 'al-Rāzī, 'Alī Ibn al'Abbās et Abū 'Alī Ibn Sīnā*. Edité et traduit par P. de Koning. Leiden: Brill, 1903.

Rosen, F. *The Algebra of Mohammed ben Musa*. London: [n. pb.], 1831.

Rozhanskaya, M. M. *Mechanica na Srednevokom Vostoke*. Moscow: Nauka, 1976.

——— and I. S. Levinova. *At the Sources of Machine's Mechanics: Essays on the History of Mechanics (U Istokov Mechaniki Machin Issledovanija po Istorii Mechaniki)*. Moscow: Nauka, 1983.

Al-Ruhāwī, Ayyūb. *Book of Treasures*. Edited and translated by A. Mingana. Cambridge: Heffer, 1935.

Sabra, A. I. *Theory of Light from Descartes to Newton*. London: [n. pb.], 1967.

Sambursky, Samuel. *Physics of the Stoïcs*. London: Routledge and Kegan Paul, 1959.

Samsó, Julio. *Estudios sobre Abū Naṣr Manṣūr b. 'Alī b. 'Irāq*. Barcelona: [n. pb.], 1969.

Sarton, George. *Introduction to the History of Science*. Baltimore, Mad.: Carnegie Institution of Washington, 1927-1931. 3 vols. in 5. (Carnegie Institution of Washington; Publication no. 376)

Sayili, Aydin Mehmed. *Logical Necessity in Mixed Equations by 'Abd al-Ḥāmid Ibn Turk and the Algebra of His Time*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1962. (Türk Tarih Yayinlarïndan; ser. 7, no. 41)

Schoy, Carl. *Die Trigonometrischen Lehren des Persischen Astronomen Abū'l Raiḥān Muḥ. Ibn Aḥmad al-Bīrūnī*. Hannover: H. Lafaire, 1927.

Schramm, Matthias. *Ibn al-Haythams Weg zur Physik*. Wiesbaden: F. Steiner, 1963. (Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 1)

Sédillot, Louis Pierre Eugène Amélie. *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oulough Beg*. Paris: Firmin, 1847. 2 vols. in 1.

Sezgin, Fuat. *Geschichte des Arabischen Schrifttums*. Leiden: E. J. Brill, 1967-1982. 8 vols.

Vol. 3: *Medizin*

Vol. 5: *Mathematik*.

Siegel, Rudolph E. *Galen on Sense Perception*. Basel; New York: Karger, 1970.

Simon, Max. *Sieben Bücher Anatomie des Galen*. Leipzig: [n. pb.], 1906.

Simplicius of Cilicia. *Simplicii in Aristotelis de Cælo Commentaria*. Edited by I. L. Heiberg. Berolini: G. Reimer, 1894. (Commentaria in Aristotelem Graeca; vol. VII)

Smith, David Eugene. *History of Mathematics*. Boston; New York: Ginn and Co., 1923-1925.

———. *Rara Arithmetica*. Boston; London: Ginn and Co., 1908. Reprinted, New York: [n. pb.], 1970.

——— and Louis Charles Karpinski. *The Hindu-Arabic Numerals*. Boston; London: Ginn and Co., 1911.

Sorabji, Richard. *Philiponus and the Rejection of Aristotelian Science*. London: Duckworth, 1986.

———. *Time, Creation and the Continuum: Theories in Antiquity and the Early Middle Ages*. Ithaca, N. Y.: Cornell University Press, 1983.

Sridhara. *The Pātīganita of Śrīdharācārya*. Edited with english translation by Kripa Shankar Shukla. Lucknow, India: Lucknow University, Department of Mathematics and Astronomy, 1959. (Hindu Astronomical and Mathematical Texts Series; no. 2)

Stahl, William Harris. *Roman Science: Origins, Development, and Influence to the Later Middle Ages*. Madison, Wis.: University of Wisconsin, 1962.

Suter, Heinrich. *Die Astronomischen Tafeln des Muḥammed Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Ahmed al-Madjrīṭī und der latein.* Übersetzung des Athelhard von Bath auf grun der vorarbeiten von A. Björnbo und R. Besthorn in Kopenhagen... hrsg und Kommentiert von H. Suter. Köbenhavn: A. F. Host and Son, 1914.

Takahashi, Kenichi. *Medieval Latin Traditions of Euclid's «Catoptrica»: Toward a Critical Edition of De speculis*. Fukuoka, Japan: Kyushu University, College of General Education, 1986.

Taton, René (ed.). *Histoire générale des sciences*. Paris: Presses universitaires de France, 1966. 3 vols.

———. *Roemer et la vitesse de la lumière*. Paris: Vrin, 1978.

Thabit Ibn Qurra. *Kitāb al-qarasṭūn*. Arabic text and french translation by Kh. Jaouiche; a critical analysis of this incorrect edition is given in: Knorr, Wilbur R. 1982. German translation in: «Die Schrift über den Qarasṭūn.» *Bibliotheca mathematica:* vol. 3, no. 12, 1912; English translation by: Moody, Ernest Addison and Marshal Clagett. 1952.

———. *Maqāla fi misāḥat al-mujassamāt al-mukāfiya (Livre sur la mesure des paraboloïdes)*. Traduction russe par B. A. Rozenfeld, dans: *Nauchnoye nasledstvo*. Moskva: Nauka, 1984.
vol. 8: *Matematicheskiye traktati.*

———. *Œuvres d'astronomie*. Texte établi et traduit par Régis Morelon. Paris: Les Belles Lettres, 1987.

Théon d'Alexandrie. *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le premier livre de la composition mathématique de Ptolémée*. Traduction française par N. Halma. Paris: [s. n.], 1821.

Tropfke, Johannes. *Geschichte der Elementar-mathematik in Systematischer Darstellung*. Revised by K. Vogel, K. Reich and H. Gericke. 4th ed. Berlin: Guyter, 1980. 3 vols.
vol. 1: *Arithmetik und Algebra.*

Tummers, P. M. J. E. *Albertus (Magnus)' Commentaar op Euclides' Elementen der Geometrie*. Nijmegen: [n. pb.], 1984.

Al-Ṭūsī, Naṣīr al-Dīn Muhammed Ibn Muhammad. *Traité du quadrilatère*. Text édité et traduit par Alexandre Pacha Carathéodory. Constantinople: Manuscrit tiré de la bibliothèque de S. A. Edhem Pacha, 1891.

Al-Ṭūsī, Sharaf al-Dīn. *Œuvres mathématiques: Algèbre et géométrie au XIIe siècle*. Texte édité et traduit par Roshdi Rashed. Paris: Les Belles lettres, 1986. 2 vols.

Ullmann, Manfred. *Islamic Medicine*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1978. (Islamic Surveys; 11)

Unguru, Sabetai and A. Mark Smith. *Perspectiva.* Wroclaw: Ossolineum, 1977; 1983.

(Studia Copernicana; XV and XXIII)

Al-Uqlīdisī, Abu al-Hassan Ahmed Ibn Ibrahim. *The Arithmetic of al-Uqlīdisī*. English translation by Ahmad S. Saïdan. Dordrecht; Boston: D. Reidel, 1978.

Vernet, Juan. *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*. Barcelona/Bellaterra: [n. pb.], 1979.

Villuendas, M. V. *La Trigonometría europea en el siglo XI: Estudio de la obra de Ibn Mu'ādh: El-Kitāb maŷhūlāt*. Barcelona: [n. pb.], 1979.

Vogel, Kurt. *Die Practica des Algorismus Ratisbonensis*. München: Beck, 1954. (Schriftenreihe zur Bayerischen Landesgeschite; Bd. 50)

———.*Ein Italienisches Rechenbuch aus dem 14. Jahrhundert (Columbia X 511 A 13)*. Munich: [n. pb.], 1977.

———. *Mohammed Ibn Musa Alchwarizmi's Algorismus: Das Früheste Lehrbuch zum Rechnen mit Indischen Ziffern*. Aalen: Otto Zeller Verlagsbuchhandlung, 1963.

La Wallonie: Le Pays et les hommes: Lettres, arts, culture. Bruxelles: La Renaissance de livre, 1977.

Wiedemann, Eilhard E. *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte*. Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970. 2 vols. (Collectanea; VI)

Willis, J. *Martianus Capella*. Leipzig: [n. pb.], 1983.

Wingate, Sybil Douglas: *The Mediaeval Latin Versions of the Aristotelian Scientific Corpus, with Special Reference to the Biological Works*. London: Courrier Press, 1931.

Woepcke, Franz. *Extrait du Fakhrī: Traité d'algèbre*. Paris: [s. n.], 1853.

Wood, Casey Albert. *Memorandum Book of a Tenth Century Oculist for the Use of Modern Ophthalmologists*. A translation of the Tadhkirat of Ali Ibn Isa of Baghdad. Evanston, Ill.: Northwestern University Press, 1936.

The World of Ibn Tufyal: Interdisciplinary Perspectives on Hayy b. Yaqzan. London: Oxford University Press, [Under Press.].

Youschkevitch, M. A. *Geschichte der Mathematik in Mittelalter*. Leipzig: [n. pb.], 1964. Traduction allemande d'un ouvrage paru en russe. Moscou: [s. n.], 1961.

———. *Les Mathématiques arabes VIII*^{ème} *- XV*^{ème} *siècles*. Traduit par M. Cazenave et K. Jaouiche. Paris: Vrin, 1976.

———. *Schriftenreihe für Geschichte des Naturwissenschaftlichen Technik und Medizin*. Beiheft z. 60 Geburtstag V. G. Harig. Leipzig: [n. pb.], 1964.

Zeller, Mary Claudia. *The Development of Trigonometry from Regiomontanus to Pitiscus*. Ann Arbor, Mich.: Edwards Brothers Inc., 1946.

Periodicals

Aaboe, Asger. «Al-Kāshī's Iteration Method for the Determination of Sin 1°.» *Scripta Mathematica:* vol. 20, nos.1-2, March-June 1954.

Allard, André. «Le Premier traité byzantin de calcul indien: Classement des manuscrits et édition critique du texte.» *Revue d'histoire des textes:* vol. 7, 1977.

———. «Les Procédés de multiplication des nombres entiers dans le calcul indien à

Byzance.» *Bulletin de l'institut historique Belge de Rome:* vol. 43, 1973.

———. «A Propos d'un algorisme latin de Frankenthal: Une méthode de recherche.» *Janus:* vol. 45, 1978.

———. «La Tradition du texte grec des *Arithmétiques* de Diophante d'Alexandrie.» *Revue d'histoire des textes:* vols.12-13, 1982-1983.

Alverny, Marie-Thérèse de. «Notes sur les traductions médiévales d'Avicenne.» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge:* vol. 19, 1952.

——— et F. Hudry. «Al-Kindī, *De radiis.*» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge:* vol. 41, 1974.

Anbouba, Adel. «Un Traité d'Abū Ja'far al-Khāzin sur les triangles rectangles numériques.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 3, no. 1, Spring 1979.

Baur, L. «Dominicus Gündissalinus. *De divisione philosophiœ.*» *Beiträge zur Geschichte der Philosophie der Mittelalters:* Bd. 4, nos. 2-3, 1903.

Beaujouan, Guy. «Etude paléographique sur la «rotation» des chiffres et l'emploi des apices du X[e] au XII[e] siècle.» *Revue d'histoire des sciences:* vol. 1, 1948.

Becker, Oskar. «Zur Textgestaltung des Eudemischen Berichts über die Quadratur der Möndchen durch Hippokrates von Chios.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik:* Bd. 3, 1936.

Björnbo, Axel Anthon. «Gerhard von Cremonas Übersetzung von Alkhwarizmis Algebra und von Euklids Elementen.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 6, 1905.

———. «Studien über Menelaos' Sphärik. Beiträge zur Geschichte der Sphärik und Trigonometrie der Griechen.» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften:* Bd. 14, 1902.

——— and Seb Vogl. «Al-Kindi, Tideus und Pseudo-Euclid: Drei Optische Werke.» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften:* Bd. 26, no. 3, 1912.

Björnbo, Axel Anton, H. Bürger and K. Kohl. «Thabits Werk über den Transversalensatz.» Mit Bemerkungen von H. Suter. *Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin:* Bd. 7, 1924.

Boncompagni-Ludovisi, Baldassare. «Della vita e delle opere di Gherardo Cremonese.» *Atti della Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei:* 1851.

Bond, John David. «The Development of Trigonometric Methods down to the Close of the XV[th] Century (with a General Account of the Methods of Constructing Tables of Natural Sines down to Our Days.» *Isis:* vol. 4, no. 11, 1921-1922.

Bosworth, C. E. «The Section on Codes and their Decipherment in Qalqashandī's *Ṣubḥ al-a'shā.*» *Journal of Semitic Studies:* vol. 8, 1963.

Boyer, Carl Benjamin. «Aristotelian References to the Law of Reflection.» *Isis:* vol. 36, no. 104, 1945-1946.

Braunmühl, A. von. «Zur Geschichte des Sphärischen Polardreieckes.» *Bibliotheca*

Mathematica: Bd. 12, 1898.

Busard, H. L. L. «L'Algèbre au moyen âge: Le *Liber mensurationum* d'Abū Bekr.» *Journal des savants:* 1968.

———. «Die Traktate *De Proportionibus* von Jordanus Nemorarius und Campanus.» *Centaurus:* vol. 15, nos. 3-4, 1971.

———. «Ein Mittelalterlicher Euklid-Kommentar, der Roger Bacon Zugeschrieben Werden Kann.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 24, no. 95, 1974.

———. «The Practica Geometriæ of Dominicus de Clavasio.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 2, 1965.

Cantor, M. «Über einen Codex des Klosters Salem.» *Zeitschrift für Mathematik und Physik:* Bd. 10, 1865.

Carra de Vaux (Le Baron). «L'Almageste d'Abū-l-Wéfā' Albūzdjānī.» *Journal asiatique:* 8ème série, tome 19, mai-juin 1892.

Charles, M. «Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie.» *Mémoires de l'académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles:* vol. 11, 1857.

Cherniss, Harold. «Galen and Posidonius' Theory of Vision.» *American Journal of Philology:* vol. 54, 1933.

Clagett, Marshall. «King Alfred and the *Elements* of Euclid.» *Isis:* vol. 45, no. 141, September 1954.

———. «The *Liber de Motu* of Gerard of Brussels and the Origins of Kinematics in the West.» *Osiris:* vol. 12, 1956.

———. «The Medieval Latin Translations from the Arabic of the *Elements* of Euclid, with Special Emphasis of the Versions of Adelard of Bath.» *Isis:* vol. 44, nos. 135-136, June 1953.

Creutz, R. in: *Studien und Mitteilungen zur Geschichte der Benediktiner-Ordens und seiner Zweige:* vol. 47, 1929; vol. 48, 1930, and vol. 50, 1932.

Crombie, Alistair Cameron. «Early Concepts of the Senses and the Mind.» *Scientific American:* vol. 210, no. 5, May 1964.

Curtze, Maximillian. «Ein Beiträge zur Geschichte der Algebra in Deutschland im 15. Jahrhundert.» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik:* Bd. 7, 1895.

———. «Über eine Algorismus-Schrift des 12. Jahrhunderts.» *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik:* Bd. 8, 1898.

Debarnot, Marie - Thérèse. «Introduction du triangle polaire par Abū Naṣr b. 'Irāq.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 2, no. 1, May 1978.

De Young, G. «The Arabic Textual Traditions of Euclid's *Elements.*» *Historia Mathematica:* vol. 11, 1984.

«Die Schrift über den qarasṭūm.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 12, 1912.

Eastwood, Bruce S. «The Elements of Vision: The Micro-Cosmology of Galenic Visual Theory according to Ḥunayn Ibn Isḥāq.» *Transactions of the American Phi-*

losophical Society: vol. 72, no. 5, 1982.

———. «Al-Fārābī on Extramission, Intromission, and the Use of Platonic Visual Theory.» *Isis:* vol. 70, no. 253, September 1979.

———. «Grosseteste's *Quantitative* Law of Refraction: A Chapter in the History of Non-Experimental Science.» *Journal of the History of Ideas:* vol. 28, 1967.

Egmond, W. van. «The Algebra of Master Dardi of Pisa.» *Historia Mathematica:* vol. 10, 1983.

Farmer, Henry George. «The Lute Scale of Avicenna.» *Journal of the Royal Asiatic Society:* April 1937.

Fichtenau, H. Von. «Wolfger von Prüfening.» *Mitteilungen der Österreich. Institut für Geschichtsforschung:* Bd. 51, 1937.

Folkerts, Menso and A. J. E. M. Smeur. «A Treatise on the Squaring of the Circle by Franco of Liege of about 1050.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 26, no. 98, 1976, and vol. 26, no. 99, 1976.

Francisco Rivera, Juan. «Nuevos datos sobre los traductores Gundisalvo y Juan Hispano. » *Al-Andalus:* vol. 31, Summer 1966.

Gandz, Solomon. «The Origin of the Ghubār Numerals, or the Arabian Abacus and the Articuli.» *Isis:* vol. 16, no. 49, 1931.

Hairetdinova, N. G. «Sobranie Pravil Nauki Astronomii.» *Fisikomatematičeskie Nauki b Stranah Vostoka* (Moscou): 1969.

———. «Trigonometriceskoii Isfahanskogo Anonima.» *Istoriko-Matematitcheskie Issledovaniya:* vol. 17, 1966.

Hamadanizadeh, Javad. «Interpolation Schemes in *Dustūr al-Munajjimīn.*» *Centaurus:* vol. 22, no. 1, 1978.

———. «The Trigonometric Tables of al-Kāshī in His *Zīj-i Khāqānī.*» *Historia Mathematica:* vol. 7, 1980.

Hatfield Gary C. and William Epstein. «The Sensory Core and the Medieval Foundations of Early Modern Perceptual Theory.» *Isis:* vol. 70, no. 253, September 1979.

Hughes, Barnabas B. «Johann Scheubel's Revision of Jordanus de Nemore's *De numeris datis:* An Analysis of an Unpublished Manuscript.» *Isis:* vol. 63, no. 217, June 1972.

Junge, G. «Das Fragment der Lateinischen Übersetzung des Pappus Kommentars zum 10. Buche Euklids.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik Astronomie und Physik:* Bd. 3, no. 1, 1934.

Karpinski, Louis Charles. «The Algebra of Abū Kāmil Shoja' ben Aslam.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 12, 1911.

———. «Two Twelfth Century Algorisms.» *Isis:* vol. 3, no. 9, Summer 1921.

Kennedy, Edward Stewart. «An Early Method of Successive Approximations.» *Centaurus:* vol. 13, nos. 3-4, 1969.

———. «Al-Khwārizmī on the Jewish Calendar.» *Scripta Mathematica:* vol. 27, no. 1,

June 1964.

——— and W. R. Transue. «A Medieval Iterative Algorism.» *American Mathematical Monthly:* vol. 63, no. 2, 1956.

Khanikoff, N. «Analysis and Extracts of *Kitāb mizān al-ḥikma (Book on the Balance of Wisdom)*: An Arabic Work on the Water-Balance, Written by al-Khāzinī in the Twelfth Century.» *Journal of the American Oriental society*: vol. 6, 1859.

Knorr, Wilbur R. «Archimedes and the Pseudo-Euclidean *Catoptrics:* Early Stages in the Ancient Geometric Theory of Mirrors.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 35, 1985.

Krause, M. «Die Sphärik von Menelaos aus Alexandrien in der Verbesserung von Abū Naṣr Manṣūr b. 'Alī. b. 'Irāq, mit Untersuchungen zur Geschichte des Textes bei den islamischen Mathematikern.» *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, phil.-hist. Klasse:* Bd. 3, no. 17, 1936.

L'Huillier, G. «Regiomontanus et le *Quadripartitum numerorum* de Jean de Murs.» *Revue d'histoire des sciences:* vol. 33, no..3, 1980.

Lemay, Richard. «Dans l'Espagne du XII^e siècle: Les Traductions de l'arabe au latin.» *Annales, économies, sociétés, civilisations:* vol. 18, no. 4, juillet-aout 1963.

———. «The Hispanic Origin of our Present Numeral Forms.» *Viator:* vol. 8, 1977.

Lindberg, David C. «Continuity and Discontinuity in the History of Optics: Kepler and the Medieval Tradition.» *History and Technology:* vol. 4, 1987.

——— «The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler.» *Osiris:* vol. 2, no. 2, 1986.

———. «Al-Kindi's Critique of Euclid's Theory of Vision.» *Isis:* vol. 62, no. 214, December 1971.

———. «Lines of Influence in Thirteenth-Century Optics: Bacon, Witelo, and Pecham.» *Speculum:* vol. 46, no. 4, 1971.

———. «The Theory of Pinhole Images from Antiquity to the Thirteenth Century.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 5, 1968.

Lorch, R. «Abū Ja'far al-Khāzin on Isoperimetry.» *Zeitschrift für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften:* 1986.

Luckey, Paul. «Der Lehrbrief über den Kreisumfang von Gamshīd b. Mas'ūd al-Kāshī.» *Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin:* Bd. 6, 1950.

———. «Die Ausziehung der *n*-ten Wurzel und der Binomische Lehrsatz in der Islamischen Mathematik.» *Mathematische Annalen:* Bd. 120, 1948.

———. «Zur Entstehung der Kugeldreiecksrechnung.» *Deutsche Mathematik:* Bd. 5, 1941.

McEvoy, James. «The Chronology of Robert Grosseteste's Writings on Nature and Natural Philosophy.» *Speculum:* vol. 58, no. 3, July 1983.

Marre, A. «Le Triparty en la science des nombres.» *Bulletino di bibliografica e di storia delle scienze matematiche e fisiche* (Roma): vol. 13, 1880, and vol. 14, 1881.

Menendez Pidal, Gonzalo. «Los Illamados numerales árabes en Occidente.» *Boletín de la Real Academia de la Historia:* vol. 145, 1959.

Meyerhof, Max. «Dei Optik der Araber.» *Zeitschrift fur Ophthalmalogische Optike:* Bd. 8, 1920.

———. «Eine Unbekannte Arabische Augenheilkunde des 11. Jahrunderts n. Chr.» *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften:* Bd.20, 1928.

———. «New Light on Ḥunain Ibn Isḥāq and His Period.» *Isis:* vol. 8, no. 28, 1926.

Millás Vallicrosa, José Mª. «La Aportación astronómica de Petro Alfonso.» *Sefarad:* vol. 3, 1943.

Miura, N. «The Algebra in the *Liber Abaci* of Leonardo Pisano. » *Historia Scientiarum:* vol. 21, 1981.

Mogenet, J. «Les Isopérimètres chez les grecs.» *Scrinium lovaniense, mélanges historiques* (Louvain): 4ème série, tome 24, 1961.

Murdoch, John E. «Euclides Graeco-Latinus: A Hitherto Unknown Medieval Latin Translation of the Elements Made Directly from the Greek.» *Harvard Studies in Classical Philology:* vol. 71, 1966.

———. «The Medieval Euclid: Salient Aspects of the Translations of the Elements by Adelard of Bath and Campanus of Novara.» *Revue de synthèse:* vol. 89,1968.

Nagl, A. «Über eine Algorismus-Schrift des XII. Jahrhunderts und über die Verbreitung der Indisch-Arabischen Rechenkunst und Zahlzeichen im Christl. Abendlande.» *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Historisch -Literarische Abteilung:* Bd. 34, 1889.

Nebbia, G. «Ibn al-Haytham nel millesimo anniversario della nascita.» *Physis:* vol. 9, no. 2, 1967.

Neugebauer, Otto. «The Astronomical Tables of al-Khwārizmī.» *Hist. Filos. Skr. Dan. Vid. Selks:* vol. 4, no. 2, 1962.

Rashed, Roshdi. «L'Analyse diophantienne au Xème siècle: L'Exemple d'al-Khāzin.» *Revue d'histoire des sciences:* vol. 32, no. 3, 1979.

———. «Le Discours de la lumière d'Ibn al-Haytham (Alhazen).» *Revue d'histoire des sciences:* vol. 21, 1968.

———. «L'Extraction de la racine $n^{ième}$ et l'invention des fractions décimales -XIe-XIIe siècle.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 18, no. 3, 1978.

———. «Ibn al-Haytham et la mesure du paraboloïde.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 5, 1981.

———. «Ibn al-Haytham et le théorème de Wilson.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 22, no. 4, 1980.

———. «Ibn al-Haytham et les nombres parfaits.» *Historia Mathematica:* vol. 16, 1989.

———. «Al-Kindī's Commentary on Archimedes: The Measurement of the Circle.» *Arabic Sciences and Philosophy:* vol. 3, 1993.

———. «Matériaux pour l'histoire des nombres amiables et de l'analyse combinatoire.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 6, nos. 1-2, 1982.

———. «Le Modèle de la sphère transparente et l'explication de l'arc-en-ciel: Ibn al-Haytham, al-Fārisī.» *Revue d'histoire des sciences:* vol. 23, 1970.

———. «Nombres amiables, parties aliquotes et nombres figurés aux XIIIe-XIVe siècles.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 28, no. 2, 1983.

———. «Optique géométrique et doctrine optique chez Ibn al-Haytham.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 6, no. 4, 1969-1970.

———. «La Philosophie des mathématiques d'Ibn al-Haytham: L'Analyse et la synthèse.» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales:* vol. 29, 1991.

———. «A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses.» *Isis:* vol. 81, no. 308, September 1990.

———.«Résolution des équations numériques et algèbre: Šaraf al-Dīn al-Ṭūsī, Viète.» *Archive for History of Exact Sciences:* vol. 12, no. 3, 1974.

———. «As-Samaw'āl, al-Bīrūnī et Brahmagupta: Les Méthodes d'interpolation.» *Arabic Sciences and Philosophy:* vo. 1, 1991.

———. «Al-Sijzī et Maïmonide: Commentaire mathématique et philosophique de la proposition II-14, des *Coniques* d'Apollonius.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 37, no. 119, 1987. Traduction anglaise dans: *Fundamenta Scientiæ:* vol. 8, no. 3-4, 1987.

———. «Les Travaux perdus de Diophante, I et II.» *Revue d'histoire des sciences:* vol. 27, no. 1, 1974, et vol. 28, no. 2, 1975.

Rosenthal, Franz. «Die Arabische Autobiographie.» *Studia Arabica* (Analecta Orientalia; 14): Bd. 1, 1937.

———. «On the Knowledge of Plato's Philosophy in the Islamic World.» *Islamic Culture:* vol. 14, no. 4, October 1940.

Sabra, A. I. «Ibn al-Haytham's Criticisms of Ptolemy's *Optics*.» *Journal of the History of Philosophy:* vol. 4, no. 2, April 1966.

Sambursky, Samuel. «Philoponus' Interpretation of Aristotle's Theory of Light.» *Osiris:* vol. 13, 1958.

Sánchez-Albornoz, C. «Observaciones a unas paginas de Lemay sobre los traductores toledanos.» *Cuadernos de Historia de España:* vols. 41- 42, 1965.

Schipperges, H. «Die Assimilation der Arabischen Medizin durch das Lateinische Mittelalter.» *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften:* Bd. 3, 1964.

Schmidt, W. «Zur Geschichte der Isoperimetrie.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 2, 1901.

Schoy, Carl. «Beiträge zur Arabischen Trigonometrie.» *Isis:* vol. 5, no. 14, 1923.

Schramm, Matthias. «Zur Entwicklung der Physiologischen Optik der Arabischen Literatur.» *Sudhoff's Archiv für Geschichte der Midizin und der Naturwissenschaften:* Bd. 43, 1959.

Smith, A. Mark. «The Psychology of Visual Perception in Ptolemy's *Optica.*» *Isis:* vol. 79, 1989.

Suter, Heinrich. «Das Buch von der Auffindung der Sehnen im Kreise.» *Bibliotheca Mathematica:* Bd. 3, no. 11, 1910-1911.

———. «Die Abhandlungen Thābit ben Qurras und Abū Sahl al-Kūhīs über die Ausmessung der Paraboloïde.» *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät Erlangen:* Bd. 48-49.

———. «Die Astronomischen Tafeln des Muḥammad Ibn Mūsā al-Khwārizmī in der Bearbeitung des Maslama Ibn Aḥmed al-Majrīṭī und der Lateinischen Übersetzung des Athelard von Bath.» *Danske Videnskabernes Selskab.* Skr., 7 Raekke, Hist. og Filos. Afd. (Copenhagen): Bd. 3, no. 1, 1914.

———. «Die Kreisquadratur des Ibn el-Haitam.» *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Historisch-litterarische Abteilung: Skr., 7 Raekke, Hist. og Filos. Afd.* (Copenhagen): Bd. 44, 1899.

———. «Über das Rechenbuch des Alī ben Ahmed el-Nasawī.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 7, 1906-1907.

Tannery, Paul. «Sur l'auteur d'un texte algorithmique du douzième siècle publié par Curtze.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 5, 1904.

———. «Sur la division du temps en instants au moyen âge.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 4, 1905.

———. «Notes sur la pseudo-géométrie de Boèce.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 1, 1900.

Theisen, Wilfred R. «*Liber de visu:* The Greco-Latin Translation of Euclid's *Optics.*» *Mediaeval Studies:* vol. 41, 1979.

Victor, S. K. «Practical Geometry in the High Middle Ages: *Artis cuiuslibet consummatio* and *the Pratike de geometrie.*» *Mémoirs of the American Philosophical Society:* vol. 134, 1979.

Wappler, H. E. «Zur Geschichte der Deutschen Algebra im 15. Jahrhundert.» *Progr. Gymn. Zwickau:* 1886-1887.

Waters, E. G. R. «A Thirteenth Century Algorism in French Verse.» *Isis:* vol. 11, no. 35, January 1928.

Weissenborn, H. «Die Übersetzung des Euklid aus dem Arabischen in das Lateinische durch Adelhard von Bath.» *Zeitschrift für Mathematik und Physik,* Historisch-Literarische Abteilung: Bd. 25, 1880.

Wertheim, G. «Über die Lösung einiger Aufgaben im *Tractatus de numeris datis* des Jordanus Nemorarius.» *Bibliotheca Mathematica:* vol. 3, no. 1, 1900.

Wiedemann, Eilhard E. «Ibn al- Haythams Schrift über die Sphärischen Hohlspiegel.» *Bibliotheca Mathematica:* 3ème série, vol. 10, 1909-1910.

———. «Über das Leben von Ibn al Haitham und al Kindī.» *Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik:* Bd. 25, 1911.

Winter, H. J. J. and W. Arafat. «A Discourse on the Concave Spherical Mirror by Ibn

al-Haytham.» *Journal of the Royal Asiatic Society of Bengal:* 3ème série (Science), vol. 16, 1950.

Woepcke, Franz. «Discussion de deux méthodes arabes pour déterminer une valeur approchée de sin 1°.» *Journal de mathématiques pures et appliquées:* vol. 19, 1854.

———. «Notice sur une théorie ajoutée par Thābit ben Korrah à l'arithmétique spéculative des grecs.» *Journal asiatique:* 4ème, série, tome 20, octobre-novembre 1852.

———. «Notice sur les traductions arabes de deux ouvrages perdus d'Euclide.» *Journal asiatique:* 4ème série, tome 18, septembre-octobre 1851.

———. «Recherches sur l'histoire des sciences mathématiques chez les orientaux.» *Journal asiatique:* 5ème série, tome 15, avril-mai 1860.

Youschkevitch, M. A. «Note sur les déterminations infinitésimales chez Thābit Ibn Qurra.» *Archives internationales d'histoire des sciences:* vol. 17, no. 66, 1964.

Zotenberg, H. «Traduction arabe du *Traité des corps flottants* d'Archimède.» *Journal asiatique:* 7ème série, tome 13, mai-juin 1879.

Theses

Allard, André. «Les Plus anciennes versions latines du XIIe siècle issues de l'arithmétique d'al-Khwārizmī.» (Louvain: 1975). (Non publiée).

Benedict, S. R. «Comparative Study of Early Treatises Introducing into Europe the Hindu Art of Reckoning.» (Thesis, University of Michigan, 1984).

Chabrier, Jean Claude. «Un mouvement de réhabilitation de la musique arabe et du luth oriental: L'Ecole de Bagdad de Cherif Muhieddin à Munīr Bachīr.» (Thèse dactylographiée, La Sorbonne, Paris, 1976).

Dickey, B. G. «Adelard of Bath: An Examination Based on Heretofore Unexamined Manuscripts.» (Unpublished Thesis, University of Toronto, 1982).

Al-Fārisī, Kamal al-Dīn. «Asās al-Qawā'id.» Edité par M. Mawaldi. (Thèse de doctorat, Université de Paris III, 1989).

Goldat, G. D. «The Early Medieval Tradition of Euclid's *Elements*.» (Unpublished Thesis, University of Wisconsin, 1954).

Irani, Rida A. K. «The *Jadwal at-Taqwīm* of Ḥabash al-Ḥāsib.» (Unpublished M. A. Dissertation, American University of Beirut, 1956).

McCue, J. F. «The Treatise *De proportionibus velocitatum in motibus* Attributed to Nicholas Oresme.» (Unpublished Thesis, University of Wisconsin, 1961).

Reuter, J. H. L. «Petrus Alfonsi: An Examination of His Works, Their Scientific Content and Their Background.» (Unpublished Thesis, Oxford, St. Hilda's College, 1975).

Schrader, W. R. «The Epistola de proportione et proportionalitate of Ametus Filius Josephi.» (Unpublished Thesis, University of Wisconsin, 1961).

Conferences

Actes du colloque sur la Syrie de byzance à l'Islam (Lym, 11-15 septembre 90). Damas: Institut français d'études arabes de Damas, 1991.

Actes du VII^e congrès international d'histoire des sciences, Jérusalem, 1953. Paris: [s. n.], 1986.

Actes du X^e congrès international d'histoire des sciences, Ithaca, 1962. Paris: [s. n.], 1964.

The Commemoration Volume of al-Biruni International Conference in Tehran. Tehran: [n. pb.], 1976.

Proceedings of the First International Conference on Islamic Medicine, 2. Koweit: [n. pb.], 1981.

Proceedings of the First International Symposium for the History of Arabic Science...1976. Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1978.

Proceedings of the Second International Symposium for the History of Arabic Science. Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979.

Settimane XII: L'Occidente e l'Islam nell' Alto Medioeva. Spoleto: [n. pb.], 1965.

Todd, J. A. (ed.). *Proceedings of the International Congress of Mathematics, 14-21 August 1958*. Cambridge: [n. pb.], 1960.

علي مولا

هذا الكتاب

منذ أن رأى تاريخ العلوم النور كحقل معرفة في القرن الثامن عشر آخذاً مكانه في القلب من «فلسفة التنوير»، لم ينقطع اهتمام فلاسفة ومؤرخي العلوم بالعلم العربي وتوسلهم لدراسته، أو لدراسة بعض فصوله على الأقل. فعلى غرار كوندورسيه، رأى بعضهم في العلم العربي استمراراً لتقدم «الأنوار» في فترة هيمنت فيها «الخرافات والظلمات»؛ أما بعضهم الآخر مثل مونتوكلا خاصة، فقد اعتبر دراسته ضرورة لا لرسم اللوحة التاريخية الإجمالية لتطور العلوم فحسب، بل لتثبيت وقائع تاريخ كل من الفروع العلمية أيضاً. لكن الفلاسفة والمؤرخين لم يتلقوا من العلم العربي سوى أصداء حملتها إليهم الترجمات اللاتينية القديمة.

من هنا، فإن هذا الكتاب قد صمم وحقق لكي يكون لبنة في صرح كتابة تاريخ العلم العربي بشكل موثق توثيقاً كاملاً. إنه في الواقع تركيب أول لم ينفذ مطلقاً من قبل على هذا الشكل. لقد أضحى هذا التركيب ممكناً اليوم نتيجة الأبحاث التي ما زالت تتراكم منذ القرن المنصرم، والتي نشطت بدءاً من خمسينيات القرن الحالي. وقد التمسنا إسهامات ذوي الاختصاص في كل من الفصول الثلاثين التي تؤرخ لأصناف العلوم العربية وتوثق لها بالصور والجداول. ويشكل هؤلاء فريقاً دولياً من الاختصاصيين، من أوروبا وأمريكا والشرق الأوسط وروسيا لإنجاز هذا الكتاب على نحو مرجعي حق يغطي مجالات مختلفة كالفلك والرياضيات والبصريات والطب والموسيقى والملاحة والمؤسسات العلمية. إن القارىء سيجد نفسه أمام كتاب في تاريخ العلم على امتداد حوالى سبعة من القرون.

وتشتمل موسوعة تاريخ العلوم العربية على ثلاثة أجزاء:

الجزء الأول: **علم الفلك النظري والتطبيقي.**

الجزء الثاني: **الرياضيات والعلوم الفيزيائية.**

الجزء الثالث: **التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة.**

الطبعة الثانية

ثمن الاجزاء الثلاثة
٣٠ دولاراً أو ما يعادلها

ISBN 9953-450-72-2



مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «سادات تاور»، شارع ليون، ص. ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣
الحمراء ـ بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ ـ لبنان

تلفون: ٨٦٩١٦٤ ـ ٨٠١٥٨٢ ـ ٨٠١٥٨٧

برقياً: «مرعربي» ـ بيروت

فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)

e-mail: info@caus.org.lb
Web site: http://www.caus.org.lb





مركز دراسات الوحدة العربية

مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الثالث

التقانة • الكيمياء • علوم الحياة

الهندسة المدنية والميكانيكا • الجغرافيا الإنسانية

الفلاحة • الكيمياء • الطب

إشراف : رشدي راشد



مركز دراسات الوحدة العربية



مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (3)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الثالث

التقانة • الكيمياء • علوم الحياة

الهندسة المدنية والميكانيكا • الجغرافيا الإنسانية

الفلاحة • الكيمياء • الطب

إشراف: رشدي راشد


منتدى مكتبة الاسكندرية www.alexandra.ahlamontada.com

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الثالث

التقانة • الكيمياء • علوم الحياة

الهندسة المدنية والميكانيكا • الجغرافيا الإنسانية

الفلاحة • الكيمياء • الطب

تم ترجمة هذه الموسوعة إلى العربية ونشرها

بدعم من المؤسسة الثقافية العربية

ومن مؤسسة عبد الحميد شومان





مركز دراسات الوحدة العربية

مؤسسة عبد الحميد شومان

سلسلة تاريخ العلوم العربية (٤)

موسوعة تاريخ العلوم العربية

الجزء الثالث

التقانة • الكيمياء • علوم الحياة

الهندسة المدنية والميكانيكا • الجغرافيا الإنسانية

الفلاحة • الكيمياء • الطب

إشراف : رشدي راشد

بمعاونة : ريجيس مورلون

الفهرسة أثناء النشر ـ إعداد مركز دراسات الوحدة العربية
موسوعة تاريخ العلوم العربية/ إشراف رشدي راشد، بمعاونة ريجيس مورلون.
٣ ج. ـ (سلسلة تاريخ العلوم العربية؛ ٤)
يشتمل على فهارس.
ISBN 9953-450-73-0 (Vol. 3)
ISBN 9953-450-74-9 (Set)
محتويات: ج ١. علم الفلك النظري والتطبيقي. ـ ج ٢. الرياضيات والعلوم الفيزيائية. ـ ج ٣. التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة.
١. العلوم عند العرب ـ الموسوعات. أ. راشد، رشدي (مشرف). ب. مورلون، ريجيس (مشرف). ج. السلسلة.
503

مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «سادات تاور» شارع ليون ص.ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣
الحمراء ـ بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ ـ لبنان
تلفون: ٨٦٩١٦٤ ـ ٨٠١٥٨٢ ـ ٨٠١٥٨٧
برقياً: «مرعربي» ـ بيروت
فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)

e-mail: info@caus.org.lb
Web Site: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى: بيروت، ١٩٩٧
الطبعة الثانية: بيروت، شباط/فبراير ٢٠٠٥

المحتــويــات

الجــزء الثــالــث
التقــانــة ـ الكيميــاء ـ علــوم الحيــاة

ـ ٢٢ ـ
الهندسة المدنية والميكانيكية

دونالد هيل[*]

أولاً: الهندسة المدنية

مقدمة

إن تاريخ تقنيات الهندسة المدنية في الإسلام هو حقاً موضوع واسع للغاية، بحيث يصعب معالجته في فصل واحد. وغايتنا في هذه الدراسة أن نقدم إلى القارىء اللوحة الأكثر شمولاً المتاحة لنا، عن تطور الطرق الإسلامية وإنجازاتها في هذا الميدان، وأن نبين إلى أي مدى عمل التقنيون وأهل العلم المسلمون على تلبية حاجات المجتمع، وأن نظهر من خلال عدد كبير من الأمثلة كيف ساهم عملهم بشكل عظيم في تقدم التكنولوجيا الحديثة.

وللوصول إلى هذا الهدف، في حيز صغير إلى هذه الدرجة، يتعذر علينا تجنب بعض الإغفال. في بداية الأمر، ومن دون أن ندخل في نقاش أكثر اتساعاً بصدد المعنى الدقيق للمصطلح «مفهوم التقنيات»، فإننا سنستخدمه هنا بصفته تصوراً يتضمن بعض التعقيد. وقد أغفلنا، في ميدان الهندسة المدنية، الإنشاءات الصغيرة كبيوت السكن أو الجسور ذات المديد[1] القصير. كما أسقطنا، في ميدان الميكانيك، أنظمة تتطلب استخداماً كثيراً ومتكرراً ليد الإنسان. لذلك لا يوجد نقاش مباشر للأدوات اليدوية، أو الأسلحة الفردية أو ماكنات

(*) أستاذ في جامعة يونيفرسيتي كولدج ـ لندن، متوفى.

قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

(١) المسافة بين مرتكزات بناء ما.

النسيج. إلا أنه حصل استثناء يتعلق بالآلات الطوبوغرافية أو الفلكية نظراً لأن المعارف الرياضية مطلوبة لصناعتها ولاستعمالها. قد يقال إن ما أغفلناه هو على قدر عظيم من الأهمية بالنسبة إلى البشرية. وهذا قول صحيح، لكن الجزء الذي تم إسقاطه لا يتعلق، بمعناه الأوسع، بتقنيات المهندس.

وفي العديد من الحالات، لم يتم تحديد الأماكن والتواريخ المتعلقة بأصل الماكنات أو التقنيات بشكل مؤكد تماماً. وليس في نيتنا التوسع في أصل اختراع منفرد، ولا سيما إذا كان هذا الاختراع قد حصل بين القرنين الأول والسابع الميلاديين، أي قبل الإسلام.

وسنورد زمان، ومكان، هذا الأصل، مع تبيان العنصر التخميني، في حال وجوده، الذي يدخل في تقدير هذه المعطيات. ويجب أن نشير إلى أن الكثير من الاختراعات قبل الإسلام، قد حصل في الشرق الأوسط عندما كانت المنطقة تحت السيطرة اليونانية أو الرومانية. ومع أن إدخال هذه المنطقة موضوع بحثنا في دوائر ثقافية أكثر اتساعاً قد أدى بلا ريب إلى نشوء وسط ملائم ومشجع للابتكار ولانتشار الأفكار الجديدة، إلا أنه لا بد من الاعتراف بأن اختراعات عديدة قد تم تحقيقها محلياً على يد سكان المنطقة.

وقد شكل الإسلام في القرون الوسطى حضارة مزدهرة وديناميكية. ويعود ازدهارها إلى تكنولوجيا ساهمت بقوة في نمو إنتاج المواد الطبيعية أو المصنعة. علاوة على ذلك، فإن الطلب على الآلات العلمية والحاجة إلى تلبية الرغبات الجمالية وتأمين وسائل التسلية للطبقات المتمتعة بالامتيازات، قد انعكس ذلك كله في تقليد من التكنولوجيات الحاذقة، المرتكزة على آليات دقيقة وعلى آلات تحكم حساسة.

وفي هذه الوثيقة سنقدم البراهين على إسهام التقنيات في الحضارة الإسلامية بواسطة أمثلة مختصة، إذ إن الحيز الممنوح لنا لا يسمح بتقديم وصف مفصل للتفاعلات بين التكنولوجيا والمجتمع. كذلك سنبين الإسهام الإسلامي في تطور التقنيات الحديثة من خلال إيراد حالات فردية لانتقال التكنولوجيا.

تقنيات الهندسة المدنية

١ ـ الري وجر المياه

من أجل الوصول إلى فهم جيد لموضوع الهندسة المدنية في العالم الإسلامي، لا بد من تجزئة هذا الميدان إلى عدة فروع. لكن جزءاً كبيراً من هذا الموضوع هو في الواقع محتوىً في ميدان الري وجر المياه. فقد استخدمت سدود لتنظيم وتحويل مياه الري، وجسور لعبور الأقنية، وطرق طوبوغرافية لرصف، ورفع، الأقنية والأقنية الاصطناعية. أما الماكنات التي

تسمح برفع الماء، والتي سيرد وصفها في فصل التقنيات الميكانيكية، فهي تندرج في المشاريع العائدة للتكنولوجيات الهيدرولية. في حين أننا في هذا القسم سنعير اهتمامنا لأنظمة الري الرئيسة وللوسائل المستخدمة لإيصال الماء إلى الحقول والتجمعات السكانية في المدن.

توجد أربع طرق للري وهي:

ـ الري بواسطة الأحواض. وقد استخدمت هذه الطريقة في مصر منذ العصور القديمة، وصولاً إلى زمن قريب جداً. وتكمن في تسوية قطع كبيرة من الأرض، مجاورة لنهر أو قناة، وكل قطعة منها تكون محاطة بحواجز. وعندما يبلغ ماء النهر مستوى معيناً، يتم فتح ثغرة في الحواجز، فيغمر الماء القطعة. ويتم الإبقاء على الماء حتى تركد الرواسب المخصبة، بعد ذلك يتم تصريفه ويعود إلى النهر.

ـ الري الدائم، وتستخدم هذه الطريقة لسقاية المحاصيل الزراعية بطريقة منتظمة خلال فصل النمو، وذلك بإرسال الماء عبر جداول صغيرة تشكل صفوفاً متعامدة على امتداد الأرض. فالماء الوارد من الشريان الرئيس (النهر أو القناة أو القناة الاصطناعية) يوزع بواسطة أقنية فرعية تغذي جداول صغيرة وصولاً إلى الحقول.

ـ الري بالمصطبات، وهي طريقة مستخدمة في المناطق التي تحتوي على هضاب، وتكمن في إعداد سلسلة مصطبات متدرجة على منحدر التلة. ويتم الري بتجميع مياه المطر في آبار أو ينابيع أو أقنية اصطناعية إذا ما وجدت.

ـ الري بواسطة الأودية، وهو يتعلق بتواتر عواصف الأمطار في مناطق تكون عادة جافة. وتكمن هذه الطريقة في حجز مياه السيل خلف سدود واستخدامها لري الريف المجاور بواسطة مجار مائية. إن سد مأرب في اليمن هو المثال الأكثر شهرة عن مثل هذا النظام. وبعد بنائه في القرن الثامن قبل الميلاد تمت زيادة ارتفاعه بنجاح، ليس فقط من أجل حبس المياه لفترات طويلة، بل أيضاً من أجل احتجاز مياه الفيضانات في الوادي على مستويات أكثر علواً، وذلك بهدف سقي المزيد من الأراضي بواسطة نظام أقنية يستخدم الوادي نفسه كقناة رئيسة. ولا بد أن الدمار النهائي للسد قد حصل قبل ربع قرن تقريباً من مولد النبي محمد ﷺ. وانطلاقاً من القرن الثاني قبل الميلاد وصولاً إلى بداية القرن الأول، طور أنباط جنوب فلسطين والأردن زراعة مزدهرة على أساس الري بواسطة الأودية. وفي حين أن الري في اليمن كان يرتبط بسد واحد كبير، فإن الأنباط بنوا آلافاً من السدود الصغيرة الهضبية[٢]. ويقع كل سد منها وراء الآخر على امتداد الوادي، وذلك بهدف حبس، أو تحويل، مجرى المياه التي تتدفق أسبوعاً أو أسبوعين كل سنة.

(٢) نسبة إلى هضبة.

إن جميع طرق الري هذه تملك أصلاً لها في العصور القديمة، ولا يمكننا القول إن تقنيات جديدة قد تمت إضافتها إلى قائمة الطرق التي سبق أن استخدمها تقنيو مصر وبلاد ما بين النهرين. ومن الصعب أن يكون الأمر مختلفاً، إذ إن مسألة أساس حجز الماء وجره إلى الحقول، وأخيراً تصريف الفائض، تبقى هي نفسها كما كانت دائماً. إلا أن الري وبخاصة الري الدائم يمثل فرعاً من الهندسة المدنية التي تطلبت على الدوام مستوى رفيعاً للغاية في المعارف التقنية والإدارية. فبناء السدود والأقنية والأقنية الاصطناعية مرتبط بالتحكم بمنسوب الأنهر وكذلك بمسائل معقدة تتطلب جميعها من الخبراء اهتماماً متواصلاً. ومن منطقة إلى أخرى، توجد دائماً اختلافات في الظروف الهيدرولية والمناخ وطبيعة التربة أو الأراضي المعنية، بحيث إنه ينبغي على المهندسين أن يطبقوا كل علمهم وخبرتهم الطويلة من أجل إعداد أفضل نظام ممكن في ظروف معينة.

يقال أحياناً إن التمدين هو إحدى السمات الرئيسة للحضارة الإسلامية. ومن الصحيح، بالطبع، القول إن المدن المهمة كبغداد والقاهرة وقرطبة بحياتها الاقتصادية والتجارية والثقافية المتطورة، قد مثلت أحد العناصر الأساسية لهذه الحضارة. إلا أنه لا حاجة تقريباً للتشديد على واقع أن الحياة في هذه المدن الكبيرة كانت مستحيلة من دون الركيزة التي توفرها زراعة مزدهرة. إن العديد من المدن الإسلامية، كبغداد والبصرة وشيراز، قد بنيت بعد مجيء الإسلام، لذلك نستطيع التأكيد أن مهندسي هذه المدن بفضل جهودهم قد وسعوا إلى أقصى حد ممكن دائرة انتشار الأنظمة التي كانت موجودة، مع قيامهم باختراع تقنيات مستحدثة تماماً. وعندما استولى العباسيون في القرن الثاني من الهجرة على الحكم الذي استمر وصولاً إلى القرن الثامن، تم بشكل واسع تطوير نظام الري الساساني الذي كان موجوداً في وسط العراق، بهدف تلبية حاجات المدينة الجديدة بغداد، التي بلغ عدد سكانها في ذروة نموها حوالى ١,٥٠٠,٠٠٠ نسمة. كما تم توسيع نطاق شبكة الأقنية المبنية بين نهري دجلة والفرات، بالإضافة إلى توسيع القناة الكبيرة نهروان الواقعة إلى الغرب من نهر دجلة، وتمت أيضاً إضافة نظامين جديدين على نهري العظيم وديالى. وقد سبق أن نمت مدينة البصرة انطلاقاً من مخيم عسكري بسيط وصولاً إلى مركز مديني كبير، وذلك في القرن الأول للهجرة/ السابع للميلاد. وقد تم إنشاء نظام للري جديد تماماً، وهو يأخذ مياهه من شط العرب، كما تم توسيعه وفق احتياجات مدينة في خضم نموها. وحتى خلال النصف الأول من القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، عندما شهدت البصرة تدهوراً نسبياً، فإن الجغرافي الإصطخري قد أصيب بالدهشة عندما تعرف على الشبكات الضخمة من الأقنية المقامة حول المدينة من كل الجهات.

وعلى الرغم من أنه وجدت أنظمة ري في إسبانيا، في أيام الرومان والفيزيغوطيين، فإن المنشآت الكبيرة التي نفذت على امتداد نهر الوادي الكبير وفي مقاطعة بلنسية كانت ابتكارات إسلامية. وقد كان حكام إسبانيا والعديد من خلفائهم من أصل سوري، بالإضافة إلى أن طبيعة الأرض والظروف الهيدرولية في هذا الجزء من إسبانيا الجنوبية تشبه كثيراً تلك

الطبيعة والظروف الموجودة في سوريا. لذلك، ليس مثيراً للدهشة أن تكون طرق الري التقنية والإدارية شبيهة كثيراً بالطرق التي كانت موجودة في غوطة دمشق. كما وجدت أنظمة عديدة أخرى للري في العالم الإسلامي، منذ إنشاء شبكات الأقنية الكبرى في مصر والعراق، كانت توصل الماء من آبار المنطقة إلى أجزاء القرى. وقد كان أحد هذه الأنظمة الأكثر أهمية مركزاً حول مدينة مرو في خراسان على نهر مرغب، الذي كان يوفر ماء الري لمنطقة شاسعة من الحقول المزروعة. وفي القرن الرابع للهجرة / العاشر للميلاد، كان المدير الأعلى المشرف على شبكات مرو مشهوراً بتمتعه بصلاحيات أكثر من والي المقاطعة، وكانت بإمرته مجموعة من العمال يصل عددهم إلى حوالى عشرة آلاف رجل. وقد كانت مقاطعة (صغد)، المعروفة حالياً باسم أوزبكستان، أكثر أهمية في هذا الميدان. وكان المصدر الرئيسي لخصوبة أراضيها النهر المسمى حالياً بزرافشان، الذي يجري عبر المدينتين الكبيرتين سمرقند وبخارى. وقد وصلت هذه المقاطعة إلى قمة ازدهارها في الفترة الممتدة من القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد إلى القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، فقد كانت غنية وأراضيها خصبة، بما لا يترك أي مجال للمقارنة. وكانت زراعتها مرتكزة على شبكة واسعة من الأقنية، تمتد إلى عدة كيلومترات حول المدينتين.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار العدد الكبير من الأشخاص المستخدمين لبناء، وصيانة ومراقبة، أنظمة الري الواسعة هذه، فليس مدهشاً أن أغلبية المؤسسات التي كانت مكلفة بهذه الأعمال كانت تحت رقابة الدولة. كما كان العمل يوكل أحياناً إلى مؤسسات متعهدة تقوم بالتنفيذ تحت مراقبة المؤسسات المسؤولة. ويوجد مؤلف أو مؤلفان اثنان باللغة العربية يقدمان الكثير من المعلومات عن الطرق المستخدمة للإشراف على الأقنية، ولحفر أخرى جديدة، وصيانة ما كان موجوداً منها. وسنتحدث عن الإشراف على الأراضي في فصل خاص، غير أنه تجدر الإشارة في هذا المجال إلى مقطع بعنوان «الإشراف على الكمية»، مأخوذ من مؤلف تم وضعه في العراق إبان القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، لأنه يقدم لنا أيضاً معلومات دقيقة عن الري بشكل عام. فهو يتضمن تعليمات من أجل حساب كميات التربة التي يجب إخراجها من الأقنية، مع الأخذ بعين الاعتبار مقادير الطول والعرض والعمق العائدة لهذه الأقنية، وكذلك من أجل حساب الاحتياجات من اليد العاملة الضرورية للقيام بهذا العمل. وكانت حافات الأقنية تدعم بواسطة حزمات من القصب. والمقطع المذكور يخبرنا حتى عن مدة العمل الضرورية لليد العاملة من أجل تجهيز ووضع الحزمات. أما فيما يتعلق بالحفر فقد كان يتم أولاً حساب عدد العمال الضروريين للعمل بالرفش، وإلى كل عامل من هؤلاء يتم بعد ذلك ضم بعض العمال الإضافيين من أجل نقل المواد، وعددهم يتعلق ببعد المكان الذي تلقى فيه البقايا. كما كان يتم تقدير تكاليف عامة لاستخدام هؤلاء العمال الإضافيين ولمراقبتهم. وكانت هناك تعرفات محددة لكل عمل، وعند الانتهاء من الأشغال كان يتم وضع كشف حساب يقدم حساباً كاملاً لقيمة النفقات، ويستعمل كمرشد من أجل استخدام اليد العاملة في المستقبل. وعندما

يوكل المشروع إلى متعهد، فإن كشف الحساب يمثل المستند الرئيس للعقد، ويستخدم كمؤشر للمدفوعات اللاحقة. ولم تتغير كثيراً طرق الإشراف هذه على امتداد العصور. نستطيع إذاً، من خلال هذا المؤلف وبعض الوثائق الأخرى، أن نكون فكرة دقيقة إلى حد ما عن تنظيم مؤسسة الدولة التي تتضمن جيشاً من الموظفين الإداريين والتقنيين والمشرفين الذين يراقبون جماعة كبيرة جداً من العمال، ومعايير إنتاجيتهم كانت محددة بدقة، طبقاً للأنظمة.

من الصعب فصل الري عن جر المياه، لأن النظامين كانا مشتقين من الأعمال الهيدرولية نفسها. لذلك، فإن سداً واحداً كان يستطيع تلبية احتياجات أهل المدن وسكان القرى، وذلك بواسطة قناة رئيسة لري الحقول وقناة أخرى لإيصال الماء إلى المدينة، أو كان يتم تحويل جزء من مياه القناة الرئيسة إلى المدينة، التي كانت متصلة بخزان يقع داخل أسوار المدينة أو خارجها مباشرة. وانطلاقاً من هذا الخزان وعبر مجار وأقنية مفتوحة كانت تتم تغذية الحمامات، بالإضافة إلى النوافير والتجهيزات المخصصة للوضوء، وللأبنية الخاصة أو العامة وللحدائق. هناك مثال مدهش للغاية عن خزانات معدة للتجميع الاصطناعي للماء ما زالت رؤيتها ممكنة خارج مدينة القيروان. نجد هناك حوضين ضخمين متصلين فيما بينهما كانا يستخدمان لاستقبال مياه وادي مرج الليل في فترة الفيضان، وقد تم بناؤهما إبان العام ٢٤٨هـ/ ٨٦٢ ـ ٨٦٣م. وعلى الرغم من أنهما كانا يبدوان دائريين، إلا أنهما كانا متعددي الزوايا. وكان قطر الحوض الأكبر يربو قليلاً على ١٣٠ متراً، أما الأصغر فقد كان قطره يساوي ٣٧,٤ متر. وكان هذا الحوض الأخير يستقبل مياه الوادي ويعمل كخزان، وتحت قاعدته على مسافة عدة أمتار كانت توجد قناة تصله بالحوض الأكبر الذي يصل عمقه إلى حوالى ثمانية أمتار. وبعد خروجها من الحوض الأكبر، تصفى المياه مرة أخرى داخل حوضين مستطيلين ومغطيين.

إن القناة الاصطناعية هي إحدى الوسائل الأكثر فعالية لإيصال الماء في مناطق ليس فيها أنهار دائمة، والقناة هي عبارة عن مجرى أفقي تقريباً يقع داخل الأرض، وفيه تسيل المياه من المناطق الغنية بها إلى الأمكنة التي هي بحاجة إليها. وقد نشأت هذه التقنية على الأرجح في أرمينيا أو في شمال إيران، وتعود إلى القرن الثامن قبل الميلاد، ثم انتشرت لاحقاً في العديد من مناطق الشرق الأوسط. وقد استخدمت بشكل واسع في العالم الإسلامي في القرون الوسطى، وبقيت على هذا المنوال حتى العصر الحديث. وقد أظهرت تقديرات حديثة أن ٧٥ بالمئة من مجموع المياه المستخدمة في إيران في أيامنا هذه، ما زالت تصل بواسطة هذه الأقنية الاصطناعية، وأن مجموع طولها يتجاوز الخمسة عشر ألفاً من الكيلومترات. ولمدينة طهران وحدها ست وثلاثون قناة اصطناعية تصدر جميعها عن هضاب البورز التي تبعد عن طهران مسافة عشرة كيلومترات أو خمسة عشر كيلومتراً، وتقدر كميات الماء المنقولة بثلاثين ألف متر مكعب يومياً في فترة الربيع، ولا تنقص هذه الكمية عن خمسة عشر ألفاً في فترة الخريف. أما خارج إيران، فما زالت الأقنية الاصطناعية تستخدم في

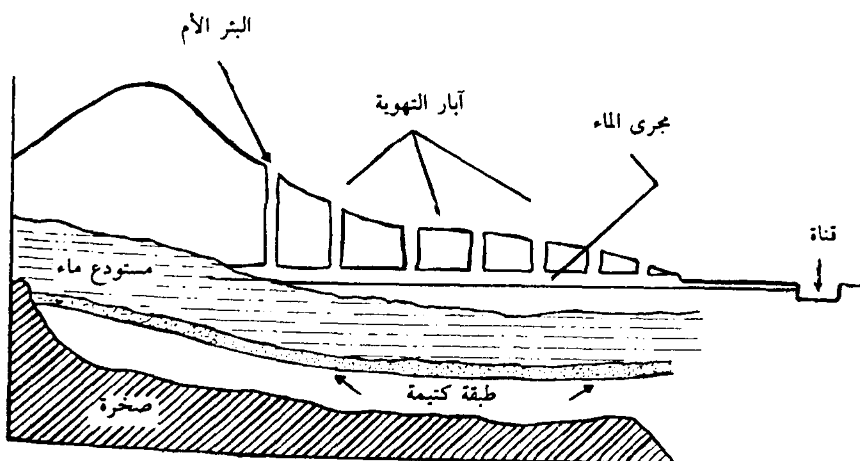
أيامنا هذه في جميع أنحاء العالم العربي، وبخاصة في الجزء الجنوبي ـ الغربي من شبه الجزيرة العربية وفي أفريقيا الشمالية.

ويرتكز بناء الأقنية الاصطناعية على أعمال اختصاصيين يسمى الواحد منهم «المقني»[٣]. وقد انتقلت أسرار الحرفة من الأب إلى الابن بواسطة التلقين الشفوي، وذلك لأجيال عديدة. إن عملية تمديد الأقنية الاصطناعية، سواء أكانت مخصصة للأراضي المزروعة أم لتلبية احتياجات المدن من المياه العذبة، تكون معروفة مسبقاً بمقدار معرفتنا بالمناطق التي يحتمل وجود الماء فيها. وتتمثل إحدى المهام الرئيسة للمقني في تحديد المكان الذي يجب أن تحفر فيه بئر التنقيب، بواسطة فحص مختلف أنواع الطمي بهدف اكتشاف آثار لتسرب الماء وتحديد أدنى التغيرات في النبات المحيط. وعندما يصل العمال إلى طبقة الأرض الكتيمة، تترك البئر لعدة أيام، وهي الفترة التي يقدر فيها المقني المردود الكامن للبئر، بواسطة أخذ بعض الكميات المقاسة من الماء، وفي الوقت نفسه من خلال مراقبة الانخفاضات المحتملة لمستوى الماء. وإذا لزم الأمر، يتم بعد ذلك حفر آبار أكثر عمقاً بهدف التحقق من أن الحقل الحقيقي القادر على تقديم الماء قد تم العثور عليه. عند ذاك يتم اختيار البئر الأكثر مردوداً كبئر أم.

وتتمثل المهمة التالية للمساح أو «السيد المقني» في تحديد مسار الماء، وذلك بتعيين الانحدار والمخرج الدقيق للماء نحو القناة الاصطناعية. ويتم اختيار المسار وفقاً لعوامل الأرض، وفي بعض الحالات تلعب مسائل الملكية دوراً في هذا المجال. ومن أجل البدء بالمسح يدلى حبل طويل داخل البئر الأم، حتى يلامس سطح الماء. وتوضع علامة على الحبل على مستوى الأرض. ثم يختار المساح نقطة على المسار تبعد ٣٠ أو ٤٠ متراً عن البئر الأم، وذلك بهدف حفر بئر التهوية الأولى في هذه النقطة. ويعهد إلى أحد القرويين بعصا من أجل تعيين الموضع، ويجري المساح حساب فرق الارتفاع بين نقطتي البئرين بواسطة آلة مخصصة لهذا الأمر. وفي أيامنا هذه، تستخدم آلة حديثة، أما الآلة المستخدمة في العصور القديمة فسيجري الحديث عنها في فصل لاحق مكرس لموضوع المساحة. وتوضع على الحبل علامة ثانية موافقة للقياس الذي تم إجراؤه على العصا. وتحدد المسافة بين العلامتين فرق الارتفاع، أما المسافة ما بين العلامة الثانية وطرف الحبل الأسفل فتحدد عمق بئر التهوية الأولى. ويتابع الخبير سيره على طول الطريق، واضعاً في مكان كل فتحة مرتقبة علامةً على امتداد الحبل، ويستمر على هذا المنوال حتى يصل إلى نهاية الحبل. وبذلك يكون قد بلغ نقطة على الأرض تقع على المستوى نفسه لسطح الماء داخل البئر الأم. أما بالنسبة إلى مخرج الماء نحو القناة، فإن المساح يختار موضعاً تحت هذا المستوى الأخير، لكنه في الوقت نفسه أعلى من الحقول. ثم يقسم فرق الارتفاع بين نقطة البئر الأم ومخرج الماء على عدد الآبار

(٣) هكذا سماه العرب.

المقترحة للتهوية، ويجمع هذا الطول مع الطول الذي تم حسابه لكل بئر تهوية. وهكذا يستطيع تحديد انحدار مجرى الماء، الذي تتراوح قيمته إجمالاً بين $\frac{١}{٥٠٠}$ و $\frac{١}{١٠٠٠}$. وبعد الانتهاء من هذا العمل الطوبوغرافي، يتم حفر عدد من آبار التوجيه التي يبعد بعضها عن بعض مسافة ثلاثمئة متر تقريباً، ويكون ذلك تحت إشراف الطوبوغرافي. بعد ذلك يسلم الحبل مع الإشارة المعينة لكل بئر عمودي إلى المقني الذي يبدأ آنذاك بالعمل مع مساعديه لحفر القناة في مختلف أنواع الرواسب الطمية، انطلاقاً من الموضع المحدد كمخرج للماء. في البداية تكون القناة مفتوحة، لكنها لا تلبث أن تتحول إلى نفق. ويحفر فريق آخر من العمال آبار التهوية فوق عمال النفق، ويقوم قرويون برفع البقايا إلى سطح الأرض بواسطة هذه الآبار. ويتم إشعال قنديلي زيت على أرض المجرى لتأمين الإنارة للعمال وكذلك لقياس سماكة الهواء، لأن القنديلين ينطفئان بمجرد ازدياد خطر الاختناق. ويبذل المقني جهده لكي يكون النفق على خط مستقيم من خلال تصويب نظره نحو القنديلين، كما ينبغي عليه أن يحترس أكثر فأكثر كلما اقترب العمل من البئر الأم، فإذا أخطأ المقني في تقدير المسافة المتبقية وإذا كانت البئر مليئة بالماء فإن السيل قد يجرفه. باستطاعتنا أن نسجل، من خلال هذا المثال، أن بناء الأقنية الاصطناعية يقدم دليلاً نوعياً عن الأخطار التي تتضمنها الحرفة الصعبة لعامل المنجم. كما نجد هنا أحد الاختراعات الأكثر نجاحاً التي حققها الإنسان، إذ إن هذا الاختراع باق من دون انقطاع منذ أكثر من ٢٥٠٠ سنة.



الشكل رقم (٢٢ ـ ١)

٢ ـ السدود

إن السدود ضرورية في أغلب الأنظمة الهيدرولية أياً كانت أغراضها، إلا أن وظائفها متعددة. وكما رأينا فهي تستخدم في الري بواسطة الأودية لثعب (وتخزين) مياه الفيضانات الناتجة عن العواصف التي تحصل نادراً لكن بشكل قوي، بحيث إن مستوى الماء يرتفع فوق

مستوى الحقول المحيطة، التي نحوها يتم فيما بعد توجيه المياه بفعل الجاذبية. ومن أجل الري الدائم، تستخدم السدود لتحويل مياه مجاري المنطقة نحو شبكات الأقنية. إن حجز مياه الأنهار وراء سدود يسمح برقابة متزايدة لهذه المياه خلال السنة. وكما هو الأمر في الري بواسطة الأودية، فإن الري الدائم يسمح أيضاً بتوجيه مياه الخزانات بفعل الجاذبية في مجاري الري ومجاري توزيع الماء للمدن. كما أنه يملك ميزة إضافية في حال استخدام الماء لإنتاج الطاقة الهيدرولية، ذلك أنه يوجد ارتفاع سقوط ثابت تقريباً، ويكون الأمر مختلفاً إذا لم يكن جريان ماء النهر منظماً.

يوجد طرازان من السدود: الثقالي والعقدي. وفي الأول منهما، وكما يشير الاسم، يقوم ثقل السد بمهمة احتواء ضغط الماء وبهدف الحصول على تدعيم إضافي، تضاف أحياناً زافرات[٤] إلى الجانب الخارجي من السد. وكما هو الأمر في جميع الإنشاءات الهيدرولية فإن الأساسات تملك أهمية قصوى، لأنه قد يحصل تصدع إذا تركنا التآكل المستمر يدمر الأساسات. أما السدود العقدية فهي مخصصة لتقاوم بشكل أفضل قوة الماء والوحل والطين بواسطة فعل عقد أفقي. ونجدها بخاصة في المواقع القليلة الطول بالمقارنة مع الارتفاع، وكذلك حيث تكون جوانب الوادي مؤلفة من صخور صلبة تقاوم قوة الدفع الشديدة في دعامتي العقد. وفيما عدا استثناءات نادرة، فإن العقود الحقيقية لم تشيد قبل العصر الحديث.

وكان اختيار مواد البناء يتعلق في جزء منه بتصميم السد، وفي جزء آخر بتوفر هذه المواد في مكان التنفيذ. ونجد سدوداً ترابية كان استخدامها شائعاً في ما مضى، وما زالت تستعمل بشكل واسع في أيامنا هذه. وهي تتوافق تماماً مع بعض أشكال الاستخدام، إلا أن ذلك مشروط بوجود نواة من الطين وبوجود مصرف للماء ذي قدرة عالية. لكن هذه السدود ليست مهيأة فعلاً للارتفاعات الكبيرة. مع ذلك فهي منتشرة في كل مكان في بعض المناطق، وبخاصة في جنوب العراق. وقد كانت، ولا تزال، ملائمة تماماً لتحويل الأنهار نحو أنظمة الأقنية، وعلى أية حال فهي مناسبة في تلك الأمكنة حيث تشكل كلفة نقل كميات كبيرة من الحجارة عقبة مانعة. وفي مناطق أخرى، حيث كانت هناك حاجة إلى سدود عالية الارتفاع، كان لا بد من اعتماد شكل من البناء بالحجر سواء أكان ذلك بواسطة الحجارة المنحوتة بزوايا قائمة والمثبتة بالمِلاط[٥] أو من دونه، أم بواسطة الحجارة الصغيرة المتنوعة، أم بواسطة الباطون. وغالباً ما كانت السدود تبنى بحائطين حجريين مع فراغ فيما بينهما. وكان هذا الفراغ يملأ بمواد قليلة الكلفة كالتراب أو الحجارة الصغيرة المتنوعة. وإذا كان السد مصمماً لصرف ماء الفيضان من خلال جزئه الأعلى، فإن قمته يجب أن تكون من حجر أو باطون، وإلا فإن التراب يتفتت وينجرف بسرعة بفعل تدفق الماء.

---

(٤) مفردها زافرة وهي دعامة على شكل نصف قوس.

(٥) خليط من الرمل والكلس.

وقد بنى الرومان، الذين كانوا مهندسين مدنيين عظماء، سدوداً في جميع مقاطعات إمبراطوريتهم. كما شيد الساسانيون الكثير من السدود في إيران بعد وصولهم إلى السلطة في العام ٢٢٦م. ومن المحتمل أن تكون معارفهم في ميدان بناء السدود عائدة في جزء منها إلى التأثير الروماني. ففي العام ٢٥٩م وقع الامبراطور الروماني ڤاليريانوس (Valerien) مع جيشه المؤلف من سبعين ألف رجل في الأسر عند الفرس تحت حكم شاهبور لار. وقد تم إرسال الأسرى الرومان، الذين كان بينهم عدد من الاختصاصيين في السدود، إلى العمل في تشييد سد نهر قارون. وكانت النتيجة إنشاءَ ما زال قائماً حتى الآن، ويبلغ طوله ٥٢٠ متراً، مع نواة بناء بالحجارة الصغيرة الملتصقة بواسطة الملاط الهيدرولي[٦]. والتكْسية مؤلفة من مجموعة كبيرة من الكتل الحجرية المرتكزة في أمكنتها بواسطة الملاط والكلاليب[٧] الحديدية المثبتة في الرصاص. وقد تم تشييد سدود أخرى لاحقاً خلال فترة حكم الساسانيين، نذكر منها بشكل خاص سد الأهواز الذي كان طوله يزيد على ٩٠ متراً وسمكه يبلغ حوالى ٨ أمتار. هذا، وقد شيد الرومان أنفسهم سدوداً في سوريا وأفريقيا الشمالية وإسبانيا وإيطاليا.

وفي المرحلة الإسلامية، لم يكن هناك تراجع في بناء السدود، بل كان الأمر على العكس من ذلك. وكانت الحاجة إلى الري والطاقة كبيرة إلى حد أصبحت معه السدود أكثر مما كانت عليه في مرحلة ما قبل الإسلام في المقاطعات ذات الضغط السكاني. أما السدود الرومانية أو الساسانية الأصل فقد تم الحفاظ عليها بعناية، وهذا الواقع مثبت من خلال وجود أعمال تم تنفيذها لاحقاً على هذه السدود الأصلية، في روما مثلاً وسوريا ومريدة في إسبانيا. كما أن العديد من السدود الأخرى قد شكل جزءاً من شبكات تطور الأنظمة الهيدرولية في العراق. وبعضها مبني فقط بالتراب وكان يستخدم لتحويل مياه الأنهار في الأقنية، إلا أن بعضها الآخر كان يمثل أعمالاً ذات تقنية رفيعة للغاية. إن أكثر ما يثير الدهشة قد يكون السد المبني لتحويل مجرى نهر العُظَيْم، وما زالت آثاره باقية في ذلك المكان الذي يترك فيه مجرى الماء الهضبات المسماة بجبل حمرين. إن الجسم الرئيس للسد هو حائط حجري يبلغ طوله ١٧٥ متراً وينعطف نحو الغرب بزاوية قائمة، ثم يمتد على مسافة ٥٥ متراً ليشكل حافة قناة، مسماة نهر البت. وللسد ارتفاع أقصى يبلغ حوالى ١٥ متراً تقريباً، لكن هذا الارتفاع يتناقص بسرعة على الجوانب المنخفضة. في الواقع، يبلغ ارتفاع السد ٤ أمتار فقط على مسافة ٤٥ متراً، انطلاقاً من الطرف الشرقي. ويمثل المقطع المستعرض لجزئه الأوسط رسماً صحيحاً لشبه منحرف يبلغ سمكه ٣ أمتار في رأسه و١٥ متراً في قاعدته. والجانب الداخلي للسد عمودي، أما الخارجي فهو مبني بانحدار منتظم، وله شكل مدرج. وقد تم بناء السد بأكمله بكتل حجرية مرتبطة فيما بينها بواسطة أوتاد من

(٦) ملاط يتصلب تحت الماء.

(٧) مفردها كُلّاب.

الرصاص. وهذه تقنية إسلامية شائعة. وقد استخدمت في سد العُظَيْم كبديل عن وُصْلات الملاط. إن خط البناء في هذا السد غير مستقيم، وهذا ما يشكل محاولة لاستخدام الشكل الطبيعي للموقع بأكبر قدر ممكن من الفائدة.

وفي إيران، أضاف المسلمون سدوداً إلى النظام الساساني الموجود سابقاً. وبشكل خاص، فقد تم بناء سد جديد، يحمل اسم پول ـ أ ـ بولاتي، في مدينة ششتار على نهر قارون. وكان مخصصاً بشكل أساسي لتأمين الطاقة للطواحين. وقد أقيمت هذه الطواحين في أنفاق محفورة داخل الصخر في كل طرف من السد، وكانت مياهه تؤمن ارتفاع سقوط ضرورياً لإدارة الطواحين. وهناك مثال آخر يقدمه جسر سد ديزفول، الذي كان مستخدماً لتأمين الطاقة لعجلة هيدرولية كبيرة، كانت آليتها ترفع الماء إلى ٢٥ متراً وتقدم الخدمات لجميع بيوت المدينة. وقد أمسك البويهيون بزمام السلطة في العراق وإيران من العام ٣٢٠هـ/ ٩٣٢م إلى العام ٤٥٤هـ/ ١٠٦٢م. وأعظم بنّاء في هذه السلالة الحاكمة كان اسمه عضد الدولة. ومن بين الأعمال التي أمر ببنائها كان هناك سد مدهش اسمه بند ـ أ ـ أمير تم تشييده حوالى العام ٣٤٩هـ/ ٩٦٠م على نهر الكر في مقاطعة فرس بين مدينتي شيراز واصطخر.

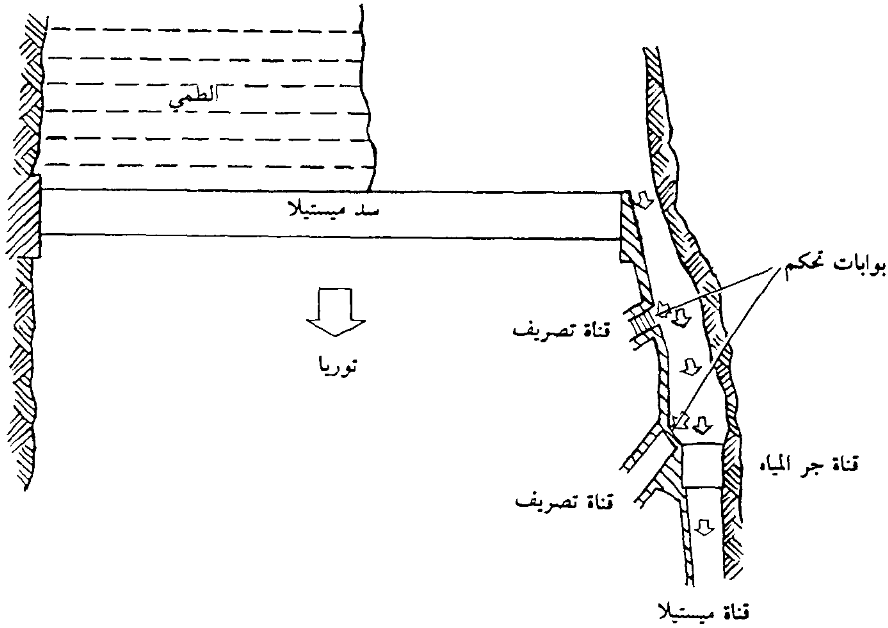
وقد رأى الجغرافي المقدسي السد بعد فترة قصيرة من بنائه، فذكر أن عضد الدولة قد سد النهر بين شيراز واصطخر بحائط كبير مدعم بالرصاص. وقد شكلت المياه المتجمعة وراء السد بحيرة كبيرة. وأقيمت على ضفتي هذا السد دواليب مائية مشابهة للدواليب الموجودة في كازاخستان. وفوق كل دولاب أقيمت مطحنة. بعد ذلك شيد عضد الدولة مدينة. وكانت المياه تجري في الأقنية وتسقي ثلاثمائة قرية موجودة في الوادي.

إن هذا السد، الذي ما زال باقياً، مؤلف من كتل حجرية صلبة مثبتة بالملاط ومدعمة بأوتاد من الرصاص. ويبلغ ارتفاعه ١٠ أمتار تقريباً وعرضه حوالى ٧٥ متراً.

كما نجد العديد من السدود الإسلامية في إسبانيا، وقد تم بناء عدد كبير منها إبان القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، وهو العصر الذهبي من حكم الأمويين في شبه الجزيرة الإيبيرية. فعلى امتداد تلك المرحلة كلها تم، على سبيل المثال، بناء العديد من السدود الصغيرة، المسماة «azuds»، على نهر توريا (Turia) الذي يبلغ طوله ١٥٠ ميلاً ويجري من بلنسية باتجاه البحر الأبيض المتوسط. وتجدر الإشارة في هذه المناسبة إلى أن الكلمة الإسبانية «azud» (المأخوذة عن الكلمة العربية سد) هي أحد المصطلحات الأكثر حداثة الصادرة مباشرة عن اللغة العربية والمستخدمة في مجال الري. وهي تقدم لنا الدليل على التأثير الإسلامي في التكنولوجيا الإسبانية.

وتقع ثمانية من هذه السدود على مسافة عدة كيلومترات من نهر في منطقة بلنسية، وهي تستخدم من أجل نظام الري المحلي. كما أن بعض الأقنية تحمل الماء إلى منطقة أكثر بعداً، وبخاصة إلى حقول الرز البلنسية (الڤالنسية). وقد أنشئت هذه الحقول على يد

المسلمين، وهي ما زالت أحد المراكز الأكثر أهمية لإنتاج الرز في أوروبا. إن جميع السدود متشابهة في بنائها، وهي منخفضة، وجوانبها الداخلية عمودية، أما الخارجية فهي مدرجة. ونواتها مصنوعة من حجارة صغيرة متنوعة ومن الملاط، وإنشاءاتها مكسوة بكتل حجرية ضخمة مثبتة بواسطة الملاط. وتوجد في أقنية التصريف بوابات تحكم تسمح لفائض الماء بالعودة إلى النهر وذلك بواسطة عمليات اعتيادية. ويتم فتحها إلى الحد الأقصى، وفق الظروف، لتفريغ ما يسبب انسداد الأقنية. إن بوابات التحكم هذه ضرورية حتماً لمنع الطين والوحل اللذين يتجمعان وراء السد من إعاقة عملية سحب الماء ومن إغلاق الأقنية نفسها.



الشكل رقم (٢٢ ـ ٢)

إن أساسات هذه السدود ضخمة. والبناء الحجري لإنشاءاتها يمتد على مسافة خمسة أمتار تقريباً في مجرى النهر، وهو مدعم بركائز خشبية كبيرة. وهذه الأساسات الضخمة بالقياس إلى السدود القليلة الارتفاع، ضرورية لمقاومة الفيضانات الكبيرة، كفيضانات توريا على سبيل المثال، التي تهدد بإغراق السدود بالمياه على ارتفاعات تزيد على خمسة أمتار. وعلى السدود أن تصمد أمام تدفق الماء والحجارة والصخور والأشجار المقتلعة بفعل التيار. وبفضل قلة ارتفاعها وشكلها الموسع ونظراً لكونها قد نفذت على أساسات عميقة وصلبة للغاية، فإن السدود المبنية على نهر توريا كانت قادرة على البقاء على امتداد القرون في مثل هذه الظروف الصعبة للغاية.

إن إحدى المسائل الأكثر أهمية، المطروحة أمام بنائي السدود، تتمثل في الطاقة التي يسببها انسكاب الماء من فوق قمة السد والتي تستطيع على مر السنين أن تدمر، شيئاً فشيئاً، أساسات البناء من الجهة الخارجية. وقد تم العثور على حل ناجع لهذه المسألة في السد الذي بناه المسلمون على نهر سيغورة (Segura) بالقرب من مدينة مرسية (Murcie). إن الجانب الخارجي من السد له سطح كبير تمت الاستفادة منه بمهارة. فالماء المنسكب من قمة البناء يسقط عمودياً من ارتفاع خمسة أمتار تقريباً على أرضية يبلغ عرضها ثمانية أمتار وتمتد على طول السد كله. وتستخدم هذه الأرضية لتبديد طاقة الماء المنسكب من قمة السد. بعد ذلك يلتحق الماء بأسفل السد من الجانب الخارجي متبعاً مقاطع أفقية ومقاطع أخرى خفيفة الانحدار. وبهذه الطريقة، يعمل السد بأكمله كمصرف للمياه الفائضة، وبذلك تتبدد الطاقة التي تحملها المياه، مما يخفف كثيراً من خطر خراب الأساسات في الجانب الخارجي. إن هذا المثال، بالإضافة إلى الكثير من الأمثلة الأخرى التي نستطيع ذكرها، يظهر بوضوح أن المسلمين كانوا يملكون فهماً وإدراكاً تجريبياً للمسائل الهيدرولية.

٣ ـ الجسور

إن الجسور المعلقة، المصنوعة من حبال الخيزران المنسوج، كانت مستخدمة في الصين في القرن الميلادي الأول على أبعد تقدير. كما شاع استخدامها سريعاً في أفغانستان والتيبت وكشمير ونيبال وأسام[٨] وبورما وتايلاند. ولولا هذه الجسور المعلقة لكانت الاتصالات بين سكان أغلبية تلك البلدان مستحيلة بشكل واضح.

غير أنه لا توجد آثار لهذا النوع من الجسور في الشرق الإسلامي، ولا في أوروبا قبل عصر النهضة. بيد أن ذلك لا يعني أنه لم تكن هناك جسور من هذا الصنف، لأنه غريب حقاً أن تكون هذه الوسيلة البسيطة والفعالة للانتقال عبر الجبال غير معروفة في زاغروس وطوروس وفي المناطق الجبلية الأخرى من إسبانيا أو أفريقيا الشمالية. كما لا نملك دلائل على استخدام الجسور ذات الطنف[٩] في البلدان الإسلامية، باستثناء أفغانستان، حيث تم بناؤها ابتداءً من القرن الخامس الميلادي، ومع أنها تشكل وسيلة ممتازة لاجتياز الوديان في المناطق الهضبية، لكنها لا تدوم طويلاً، كما أنها لا تترك آثاراً، نظراً لكونها مبنية بهيكل خشبي. مع ذلك، وفي العديد من الحالات، فقد بنيت الجسور الحديثة على أنقاضها. وبشكل عام، يثبّت إنشاء مؤلف من روافد[١٠] في متكأ[١١] حجري من كل جانب، وتكون العارضات الطولية والعرضية التي تحمل سطح الجسر مرتكزة كلياً على بنية

---

(٨) مقاطعة في الهند.

(٩) الطنف وهو بروز معماري.

(١٠) الرافدة هي لوح سميك من السنديان أو الشوح.

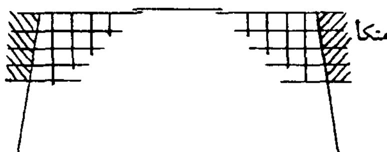
(١١) دعامة حجرية.

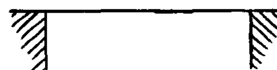
الدعامة هذه. وفي الوسط يحمل المديدان[١٢] المبنيان بشكل طنف جزءاً قصيراً من عارضة (انظر الشكل رقم (٢٢ ـ ٣)). إن الجسور الكبيرة الحديثة المصنوعة من الصلب، كجسر سكة الحديد في فورث (Forth) في اسكتلندا، مبنية بالضبط على الأسس نفسها. ونذكر هنا أن ابن حوقل قد وصف باختصار في القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد جسراً على نهر تاب في إيران، فذكر أن جسراً خشبياً يقطع النهر، وهو معلق بين السماء والماء، ويبلغ ارتفاعه فوق الماء حوالى خمسة أمتار. ربما رأى ابن حوقل هناك جسراً معلقاً، إلا أن الجسر ذا الطنف يبدو أكثر احتمالاً، نظراً لأن ابن حوقل لا يشير إلى وجود حبال تسند هذا البناء.

كابول

جسر كابولي

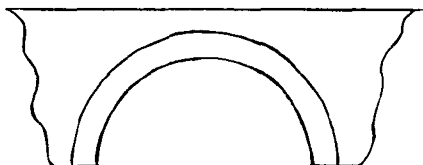
عارضة المديد

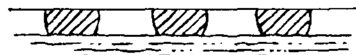




عارضة خشبية

عارضات طولية وعرضية





تنطرة

جسر عائم

الشكل رقم (٢٢ ـ ٣)

نجد في روايات الكتّاب العرب إشارات متكررة إلى جسور من المراكب. وقد كان هذا الطراز من الجسور شائعاً في العراق من أجل عبور الأنهار وأقنية الري الرئيسة. وتجدر الإشارة هنا إلى أن الهدف الأساسي لاختصاصيي الري في بناء أي نوع من الجسور كان تلافي الأضرار التي يسببها الناس والحيوانات عندما يخوضون في النهر. فقد كان لراحة المسافرين اعتبار ثانوي. وفي القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد كان هناك جسران من المراكب على نهر دجلة في بغداد، إلا أن واحداً فقط كان مستخدماً. أما الآخر، وبعد أن

(١٢) المديد وهو المسافة بين دعامتين.

تحول إلى أطلال، فقد تم إغلاقه لأن القليل من الناس كانوا يسلكونه. وقد كتب ابن جبير، حوالى نهاية القرن السادس للهجرة/الثاني عشر للميلاد، واصفاً جسراً من المراكب مؤلفاً من سفن كبيرة، كان قد رآه على نهر الفرات في الحلة، فقال إن الجسر يتضمن سلاسل من كل جانب، شبيهة بعيدان مفتولة، مربوطة بواسطة أدوات تثبيت خشبية موجودة على حافتي النهر. ويشير أيضاً إلى جسر من هذا النوع يقع على قناة بالقرب من بغداد، وهو أكثر عرضاً من الأول. كما كانت هناك جسور من المراكب على أنهار خوزستان المقاطعة الإيرانية المجاورة للعراق، وعلى نهر هلمند في سجستان التي تقع حالياً الى الغرب من أفغانستان. ويبدو أنه وجد جسر من هذا النوع في الفسطاط في مصر خلال سنوات عديدة، والفسطاط هي حالياً مدينة القاهرة القديمة. وفي بداية القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد، أكد الإصطخري أن جسراً مماثلاً كان يقطع المدينة وصولاً إلى الجزيرة، وأن جسراً آخر كان يصل الجزيرة بالحافة المقابلة من النهر.

وبعد حوالى قرنين من الزمن وصف الإدريسي هذا التنظيم نفسه، مضيفاً أنه كان هناك ثلاثون مركباً للجسر الأول، وستون للثاني.

قبل إدخال المواد الحديثة، كانت القنطرة الحجرية تقدم الحل الأفضل لعبور مجاري الماء وغيرها من العوائق الطبيعية. وعلى الرغم من أن كلفة بنائها مرتفعة نسبياً، إلا أن الجسور القناطر المشيدة جيداً تستطيع البقاء قروناً عديدة، وهي لا تعيق حركة المرور على الأنهار كما تفعل الجسور من المراكب، أو الجسور العادية المتعددة المديد. إن طول بقائها مثبت من خلال الوجود الحالي للعديد من الجسور المبنية في العصر الوسيط، والمعدة فقط للاستخدام من قبل الناس والحيوانات، إلا أنها تتحمل في الوقت الحاضر كل الثقل الناجم عن حركة المرور المعاصرة.

إن العديد من الجسور ذات القناطر من أصل روماني ويوناني وساساني ظل مستخدماً في العالم الإسلامي. وقد وصفت الجسور التي تثير الدهشة أكثر من غيرها في الأعمال المتخصصة للجغرافيين العرب. كما أن المسلمين قد شيدوا أيضاً العديد من الجسور ذات القناطر، متبعين تقاليد سابقيهم. أما في المناطق التي لا تتوفر فيها حجارة البناء الجميلة بسهولة، وبخاصة في بعض أصقاع إيران، فإن الجسور كانت تشيد من الآجر، إلا أن أغلبيتها كانت مبنية بالحجارة المنحوتة.

وقد ترك لنا القزويني (ت٦٨٢هـ / ١٢٨٣م) وصفاً بيانياً لجسر كبير ذي قنطرة يقع في مدينة إدهاج في خوزستان. وكان هذا الجسر يقطع وادياً يكون جافاً عادة، لكنه أحياناً في فترة الفيضانات يصبح بحيرة هائجة. وقد بناه الوزير البويهي أمير الحسن (ت ٣٦٦هـ / ٩٧٧م)، وقد استخدم لهذا الأمر عمالاً متخصصين من إدهاج وأصفهان. وكان ارتفاع الجسر يبلغ ٧٥ متراً ويتضمن قنطرة واحدة معززة بأوتاد من رصاص وبمشابك معدنية. وكانت بقايا صناعة الحديد تستخدم لملء الحيز بين القناطر وسطح الجسر. كما كان هناك

عمل بارز شاهده الجغرافي الإصطخري على نهر تاب في إيران، في بداية القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد. ويفترض أن تقنياً إيرانياً قد بناه للوالي الأموي الحجاج بن يوسف الثقفي (ت ٩٥هـ/ ٧١٤م). ويتألف الجسر من قنطرة واحدة بامتداد يبلغ حوالى ٨٠ خطوة، أما بالنسبة إلى ارتفاعها فإن رجلاً ممتطياً جملاً وحاملاً بيده المرفوعة علماً يستطيع المرور تحتها بسهولة. ومن بين الإنشاءات التي قام بها ابن طولون، حاكم مصر من العام ٢٥٤هـ / ٨٦٨م إلى العام ٢٧٠هـ / ٨٨٤م، كان هناك جسر مبني لغرض فريد إلى حد ما. فقد تم تشييد طريق تبلغ عدة كيلومترات ابتداءً من مجرى النيل في الفسطاط باتجاه الغرب، والجسر الذي كان يتضمن ٤٠ قنطرة كبيرة كان يشكل امتداداً لهذه الطريق. وكان الهدف منه تأمين المرور للجيش في الحملات، فوق مياه الفيضانات، عند وصول عدو ما من جهة الغرب. ونذكر هنا في هذا المجال أنه كانت توجد جسور عديدة على الأقنية في جميع المقاطعات الإسلامية حيث كان الري مستخدماً بشكل واسع.

٤ ـ المباني

شيد العديد من الأبنية الجميلة إبان القرن الأول من عصر الإسلام، ونذكر منها بخاصة قبة الصخرة في القدس والمسجد الكبير في دمشق وغيرهما من المساجد الكبيرة في الكوفة والبصرة وقصور الأمويين في الصحراء، ولا نعدد هنا سوى أكثر المباني أهمية. وبعد أن نشأ التقليد المعماري الإسلامي المتمتع بجمالية عالية استمر بالازدهار. وتشهد على ذلك إنجازات منها، على سبيل المثال، أعمال المنصور في بغداد وابن طولون في مصر، ومسجد قرطبة الكبير، وقصر الحمراء في غرناطة، ومجموعة من الأبنية الرائعة في أصفهان، بالإضافة إلى الكثير من الصروح الأخرى. ونذكر أن العديد من الكتب، المحتوية على رسوم مدهشة، كانت مكرسة لوصف هذه الروائع الإسلامية. ومما لا شك فيه أنه يستحيل في هذا الفصل القيام بمثل هذا العمل، ولن نقدم سوى خلاصة موجزة عن منجزات العمارة الإسلامية. وينبغي أن نعير اهتمامنا للعناصر الأساسية الأكثر كلاسيكية لكل مبنى، أي لمواد البناء.

ويقدم لنا الجغرافيون المسلمون معلومات عن أسماء المواد المستخدمة في بناء هذا العمل المعماري أو ذاك، في هذه المدينة أو تلك. وهذه المواد هي الطوب أو الآجر أو الخشب أو الحجارة. وقد كان الخشب في العصر الوسيط أكثر انتشاراً مما هو عليه في أيامنا هذه، إلا أن استخدامه في بناء الأجزاء الرئيسة لمبنى ما لم يكن شائعاً. ونذكر في هذا المجال أن مدينة بخارى قد شيدت تقريباً بأكملها من الخشب. كما أن البيوت في مدينة سيراف على الخليج كانت مصنوعة من خشب الساج[١٣]. وكان الخشب مستخدماً أيضاً

(١٣) الدِّلب.

بشكل واسع في إسبانيا. وربما كانت قبة الصخرة في القدس المثال الأكثر أهمية على البناء بالخشب، ففي هذا المسجد تتألف القبة نفسها من بنيتين خشبيتين مستقلتين، والبنية الخارجية مغطاة بأوراق من رصاص. وبشكل عام، كان الخشب يستخدم مع مواد أخرى، في تلك الأمكنة التي تكون فيها مقاومة إجهاد الشد ضرورية، كما هو الأمر بالنسبة إلى سواكف[١٤] الأبواب والنوافذ وإلى رافدات السقوف.

كان اختيار المواد المستخدمة في الإنشاءات الخاصة يتعلق بعدد كبير من العوامل، منها توفر المادة المحلية والكلفة والوقت والغرض من المبنى المزمع إنشاؤه. وتجدر الإشارة إلى أن البناء بالحجارة المنحوتة كان في الغالب مفضلاً بالنسبة إلى المباني الدينية، في حين أن غيرها من الإنشاءات المهمة في المنطقة نفسها كانت تبنى بمواد أقل كلفة. وقد كانت سوريا بلا ريب المنطقة الأكثر غنى بالبناء الحجري الجميل، حيث ان كل حجر منحوت بعناية بحروف مستقيمة وأسطح مستوية. وما زال هذا التقليد مستمراً في سوريا حتى أيامنا هذه. أما بالنسبة إلى الحجر الكلسي، فإنه يكتسب مع الوقت لوناً عنبرياً جميلاً ممتعاً للنظر. وقد كان البناء بالحجارة الصغيرة منتشراً أيضاً في إسبانيا (على الأرجح بسبب التأثير السوري في هذا البلد)، وكذلك في مصر وأفريقيا الشمالية. وفي بعض الأحيان استطاع البناؤون توفير الوقت والمال باستخدام حجارة صغيرة متنوعة ومغطاة بأحجار منحوتة. أما الملاط فكان يصنع من أساس إما كلسي وإما جصي مخلوط مع الرمل الناعم.

وقد كان استخدام الطوب شائعاً منذ العصور القديمة وما زال منتشراً بشكل واسع في أيامنا هذه. أما الطين الذي يشكل العنصر الأساسي للطوب، فقد كان متوفراً تقريباً في جميع أجزاء العالم، والبيوت المبنية بواسطة هذه المادة تكون دافئة في الشتاء وباردة في الصيف. بالإضافة إلى ذلك، لا ينحصر استخدامها في بناء بيوت السكن الصغيرة. ففي شبه الجزيرة العربية هناك بعض البيوت المتعددة الطوابق مصنوعة من الطوب الذي يمكن استخدامه أيضاً في بناء العقود والقبب. إلا أن استعماله متعذر في المناطق الغزيرة الأمطار، لأن هذه الأمطار القوية تسبب خراباً كبيراً في الحيطان. وكثيراً ما يأخذ الطوب شكلاً هندسياً منتظماً هو شكل متوازي السطوح الذي غالباً ما تخضع قياساته المتنوعة للنسبة التالية ٤ ـ ٢ ـ ١ (على سبيل المثال يكون الطول ٥٦ سم والعرض ٢٨ سم والسمك ١٤ سم، أو ٣٦ × ١٨ × ٩). لكن الطوب الأكثر شيوعاً في جنوب شبه الجزيرة العربية يملك القياسات ٤٥ × ٣٥ × ٥ وفي إيران ٢٠ × ٢٠ × ٤. ومن أجل تحضير المزيج الذي يؤلف الطوب، يشبع الطين بالماء ويخلط مع القش ويدعك بالأرجل. بعد ذلك ينقل في سلال إلى اختصاصيي الصب. ويملك كل واحد من هؤلاء قالباً خشبياً هو ببساطة عبارة عن إطار مفتوح. في البداية يغطي الاختصاصي الأرض بقليل من المزيج

(١٤) ساكف: خشبة مستعرضة في أعلى الباب أو النافذة.

المحضر والوحل والقش. ويضع إطار القالب بشكل مسطح على الأرض ويملأه بالمزيج المحضر، ثم يضغط هذا المزيج من كل جانب بيديه العاريتين، ويكشط الفائض، في حال وجوده، بواسطة مكشط صغير. بعد ذلك يرفع الإطار بحركة منتظمة، تاركاً قطعة الطوب الرطبة على الأرض، ثم يضع الإطار بجانب قطع الطوب الأخرى التي انتهى من إعدادها. وبهذه الطريقة يصنعها صفاً بعد صف، وهو بذلك يستطيع إنتاج ٢٥٠ قطعة في الساعة. وأخيراً يحشى الطوب بملاط مؤلف من كلس ورماد، ويغطى عادة بمزيج من التراب والكلس والجص.

أما الآجر فقد كان يصنع خلال الألف الرابع قبل الميلاد في بابل، وفي إيران تم العثور على أفران يعود تاريخها إلى ما يزيد على ألف سنة قبل الميلاد. وما زال استخدام الآجر شائعاً في أجزاء عديدة من العالم الإسلامي. وهو بشكل عام أصغر من الطوب، كما أن تحضير الطين المخصص لصناعته يتم بعناية أكبر، إذ يجب تجفيفه وغربلته بهدف إزالة الأوساخ. وتضاف إليه عناصر أخرى كالرمل الطبيعي لإعطائه لوناً مائلاً إلى البياض.

بعد الصب تترك قطع الآجر في وضع مسطح في الهواء الطلق لمدة أربع وعشرين ساعة، ثم توضع على حافاتها. بعد ذلك تترك أيضاً لمدة ثلاثة أيام لتجف قبل أن تكدس في الفرن الذي يشبه فرن الخزاف[١٥]. وهو يتألف من موقد يقع تحت غرفة الشي. إن الإنشاءات المبنية فقط بالآجر هي نادرة. إذ تدخل مواد أخرى في بنائها بشكل دائم تقريباً. فعلى سبيل المثال، يتألف قصر الحير الغربي في سوريا، المشيد في القرن الأول للهجرة، من حائط مبني بالحجر الكلسي والآجر والطوب. وقد كان الآجر، وما زال، مستخدماً لأجزاء معينة من بناء كالقناطر والعقود والسلالم. وكان المعماريون يستخدمونه لتنويع الزخرفة في أعمالهم. وابتداءً من القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد، وفر الآجر المطلي بالبرنيق إمكانية الحصول على تأثيرات مشابهة لتأثيرات الفسيفساء.

وقد وصف ابن خلدون في مقدمته تقنية اللبْن، مما يسمح لنا بالافتراض أن الأمر يتعلق بعملية مميزة للتكنولوجيا الإسلامية. وفي هذه العملية غالباً ما يخلط التراب مع الكلس ومع التراب المشوي المدقوق، أو مع الأحجار المكسورة، ثم يهال بين لوحين خشبيين متوازيين بفضل عارضات خشبية مثبتة بينهما. بعد ذلك يتم تجصيص[١٦] الحائط[١٧] من الأعلى بحيث إنه غالباً ما يأخذ شكل ترتيب الحجارة التحتي. وعندما يقع الجص، فإن الفتحات التي تخلفها العارضات بطريقة منتظمة تصبح مرئية. وقد أصبح استخدام اللبن شائعاً في الجزء الغربي من العالم الإسلامي خلال القرنين الخامس للهجرة/

(١٥) صانع الفخار.

(١٦) من كلمة جص.

(١٧) كان يسمى الطابية، كما ورد في مقدمة ابن خلدون.

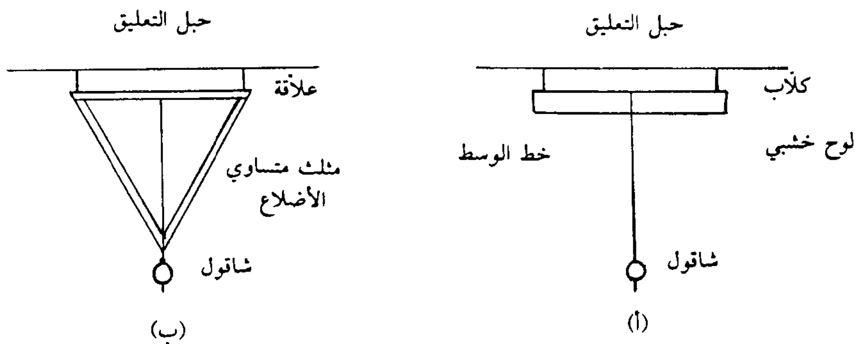
الحادي عشر للميلاد والسادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد، وبخاصة في المباني الحربية. ويبدو أن هذه الطريقة قد أدخلت إلى المغرب انطلاقاً من الأندلس حيث كانت معروفة منذ زمن بعيد.

كانت الرقابة على نوعية البناء لدى التجمعات السكانية في المدن من اختصاص موظف يسمى «المحتسب». وكان عمله يشمل عدداً كبيراً من المهام، إذ إنه معين من قبل الحاكم لمراقبة شؤون السوق، بما في ذلك الحفاظ على القواعد الأخلاقية والدينية. ومن مهامه مراقبة النوعية والكمية من خلال بائعي المفرق والمصنعين، والسهر على نظافة، وتوزيع، المياه، والرقابة على صناعة مواد البناء. وفي هذا الميدان الأخير، تقدم لنا «الحسبة» العديد من المعلومات، والحسبة هي مجموعة من الكتب الموضوعة لإرشاد المحتسب. فعلى سبيل المثال، كانت تتم مراقبة عرض الحائط وقياسات العارضات بواسطة نماذج خشبية، للتحقق من أن هذه القياسات لا تقع تحت الحد الأدنى المعين.

٥ ـ الطوبوغرافيا

إن المتطلبات الأساسية لطوبوغرافيا الأشغال العامة، كإنشاء المباني الكبرى وحفر الأقنية وغيرها من الأعمال، هي قياس الارتفاع والتراصف. وفي أيامنا هذه يتم قياس الارتفاع بواسطة آلة بصرية ومسطرة مدرجة. أما في العصور القديمة فكانت هناك حاجة لمسطرتي ارتفاع من هذا الصنف، بالإضافة إلى أداة بسيطة جداً، لكنها فعالة. وقد ورد وصف ثلاث من هذه الأدوات في مؤلف عراقي يعود إلى القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد. والأداة الأولى هي عبارة عن لوح خشبي يبلغ طوله ٧٠ سم تقريباً وعرضه حوالى ٨ سم. في وسط اللوح خط مرسوم يلتقي مع الحرفين بزاوية قائمة. ويوجد شاقول مثبت على هذا الخط بالقرب من أحد الحرفين. وأخيراً هناك كلابان مثبتان في اللوح (الشكل رقم (٢٢ ـ ٤ أ)). والأداة الثانية تتألف من مثلث متساوي الأضلاع يحمل كلابين على طرفي أحد أضلاعه. وفي وسط هذا الضلع يوجد ثقب ضيق يمر عبره شاقول (الشكل رقم (٢٢ ـ ٤ ب)). وعند الاستخدام، كانت الآلة تعلق بواسطة الكلابات على سلك، أو حبل، مشدود بقوة بين مسطرتي الارتفاع المدرجتين. وكان يتم تحريك أحد طرفي السلك إلى الأعلى وإلى الأسفل حتى يتطابق خيط الشاقول مع الخط المرسوم على اللوح في الأداة الأولى، أو المرسوم في زاوية المثلث في الأداة الثانية. والفرق بين التدريجات على المسطرتين يمثل فرق المستوى. أما الأداة الثالثة فكانت تتألف من قصبة مستقيمة تملك ثقباً ضيقاً طولانياً على امتدادها كله، وثقباً شعاعياً في وسطها. ولاستخدام الأداة هذه، كان مساعدان يمسكان بالقصبة بشكل أفقي تقريباً. وبعد ذلك كان مساعد آخر يترك الماء يسيل نقطة نقطة داخل الثقب الوسطي انطلاقاً من قطعة قماش مبللة. وعندما يكون معدل الماء الخارج من كل طرف متساوياً، فإن القصبة تكون فعلاً في وضع أفقي. عند ذاك على المراقب أن يقرأ

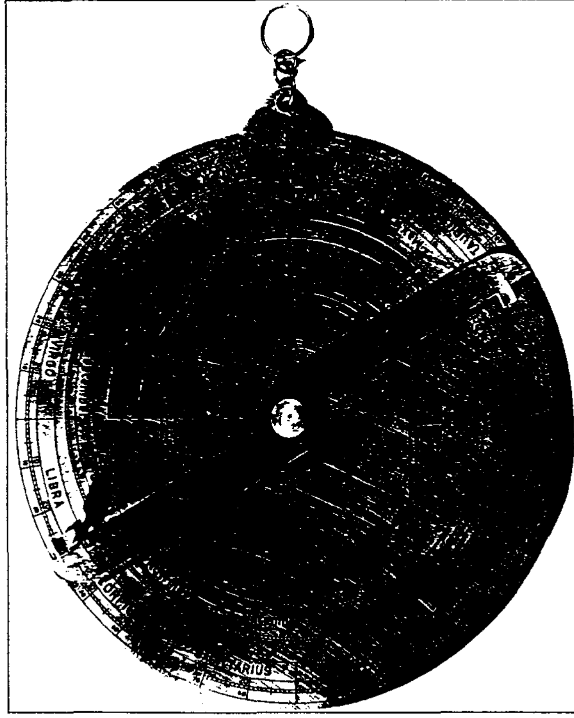
ويسجل الارتفاعين على المسطرتين، كما هو الحال عند استخدام الآلتين السابقتين. وكان ممكناً إجراء قياس للارتفاع على مسافات طويلة مع الحصول على نتيجة مرضية، من خلال تكرار هذه العملية بواسطة آلة واحدة من هذه الأدوات. وفي ختام المراقبة، يتم حساب مجموع «الصعود» ومجموع «النزول»، والفرق بين المجموعين يعطي فرق المستوى بين نقطة الانطلاق ونقطة الوصول.



الشكل رقم (٢٢ ـ ٤)

ولتسطير خطوط مستقيمة وقياس المسافات، كانت تستخدم حبال تتضمن عقداً وفواصل لتعيين القياسات. كما أن عضادة دائرة حول محور، ومزودة بهدفات[١٨] وموضوعة على سطح مستو، كانت تستخدم أيضاً لأجل التراصف. والأسطرلاب أيضاً كان يستخدم بشكل واسع لأعمال الطوبوغرافيا على الأرض. وما يهمنا هنا في هذا المجال هو الجزء الخلفي من الآلة التي تتألف من عضادة تدور حول محور مركزي، بحيث يتحرك طرفاها على دائرة مدرجة ومقسمة إلى أربعة أجزاء، وكل جزء منها، أي كل ربع دائرة مقسم إلى ٩٠ درجة. ويوجد على نصف الجانب السفلي رسماً لمستطيل يملك أحد أضلاعه تقسيماً عشرياً منقوشاً بشكل شعاعي، أما الضلع الآخر فتقسيمه اثنا عشري (الشكل رقم (٢٢ ـ ٥)).

(١٨) مفردها هدفة وهي ثقب للتصويب.



الشكل رقم (٢٢ ـ ٥)

يمكن استخدام هذه الآلة من أجل التراصف ولقياس الزوايا بين نقطتين، لكن بعض الكتاب العرب يصفون أيضاً حلاً لمسائل مختلفة في التثليث(١٩) باستخدام الأسطرلاب. والمربعان المتماثلان، اللذان يشكلان معاً المستطيل، كانا يستخدمان لهذا الهدف. وعلى الرغم من أن المربعين مقسمان على التوالي إلى عشرة أجزاء واثني عشر جزءاً، فإن اختيار العدد كان عملية اصطلاحية بحتة. وللاستخدام كان الأسطرلاب يعلّق بشكل حر، وكان يتم إحكام العضادة بحيث يتسنى رؤية جسم ما عن بعد وفي آن واحد من خلال المسطرتين. وعندما يحصل هذا الأمر، فإن المثلث قائم الزاوية المشكل من المسافة بين العين والجسم، ومن الخط الأفقي، ومن العمود الساقط من الجسم على الخط الأفقي يتم تصويره بسلم مقياس صغير داخل أحد المربعين على الأسطرلاب، وذلك بواسطة مثلث قائم

(١٩) مسح الأرض بالإستعانة بعلم حساب المثلثات.

الزاوية مماثل تماماً للمثلث الأول. ويكون وترا المثلث الحقيقي والمثلث المشابه على الخط المستقيم نفسه، والنسبة بين طولَي ضلعَي المثلث على الأسطرلاب هي نفسها النسبة بين ارتفاع الجسم وبعده، فإذا كانت إحدى هاتين القيمتين الأخيرتين معروفة، فإن الأخرى يمكن تحديدها أيضاً. وإذا لم تكن أية واحدة منهما معروفة، يقرأ المراقب زاوية وضع ما



الصورة رقم (٢٢ ـ ١)

أبو الريحان البيروني، **استيعاب الوجوه الممكنة في صنعة الاسطرلاب**

(طهران، مخطوطة مجلس الشورى، ١٩٢٦).

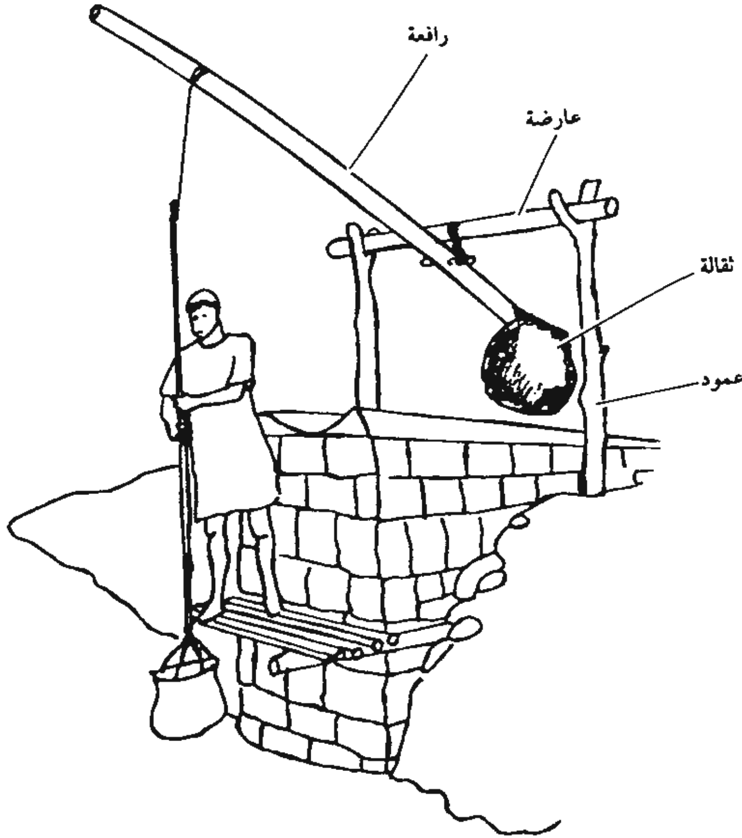
نرى في هذه الصورة ظهر الاسطرلاب.

ويتراجع لمسافة تم قياسها، ومن جديد يقرأ الزاوية. وبعد أن طور المسلمون طرق حساب المثلثات المسطحة والكروية في آن واحد، أصبحت المسائل من هذا الصنف سهلة الحل. مع ذلك، كان الطوبوغرافيون العاملون على الأرض يفضلون بشكل واضح الطرق بالاستنتاج، وهذه الطرق ممكنة بواسطة الأسطرلاب، وقد وضع العلماء العرب موجزات تتناول مسألة استخدامه. كما كانت تحل مسائل أخرى باستخدام الأسطرلاب، بما في ذلك تحديد عرض نهر أو المسافة بين نقطتين يفصلهما عائق يتعذر عبوره. وكانت طرق التثليث غير معروفة لدى الرومان، وقد تم إدخالها إلى إسبانيا، على سبيل المثال، بواسطة مؤلفات عن الأسطرلاب وضعها علماء مسلمون.

ثانياً: الهندسة الميكانيكية

١ ـ آلات لرفع المياه

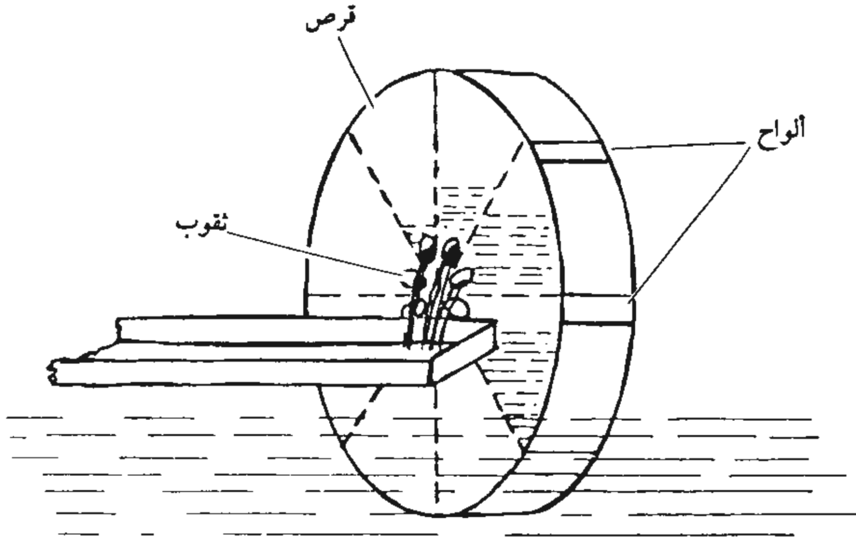
إن أقدم آلة استخدمها الإنسان للري وللتزود بالماء هي «الشادوف». فقد وجدت رسوم عنها في نقوش بلاد الأكاديين منذ ٢٥٠٠ سنة قبل المسيح، وفي مصر منذ ما يقارب ٢٠٠٠ سنة قبل المسيح. وقد ظل استخدامها شائعاً حتى أيامنا هذه، وعلى امتداد العالم كله. فالأمر يتعلق بإحدى الآليات الأكثر نجاحاً، التي تم اختراعها في يوم من الأيام. إن نجاحها يعود إلى بساطتها، فنجار القرية يستطيع صنعها بسهولة باستخدام مواد محلية. وهي تقدم كميات كبيرة من الماء عندما يتعلق الأمر بمسافة رفع صغيرة إلى حد ما. وتتألف هذه الآلة من عصا خشبية طويلة، معلقة على محور ارتكاز دوراني مثبت على عارضة مرتكزة على عمودين من خشب أو حجر أو آجر. وفي طرف ذراع الرافعة القصير توجد ثقالة من حجر، أو من صلصال في المناطق المغطاة بالطمي، حيث يتعذر وجود الأحجار. ويعلق الدلو في الطرف الآخر من العصا بواسطة حبل (الشكل رقم (٢٢ ـ ٦)). ينزل مستخدم الآلة الدلو في الماء بهدف تعبئته. ثم يتم رفعه بفعل الثقالة، وأخيراً يفرغ في قناة الري أو في الخزان.



الشكل رقم (٢٢ ـ ٦)

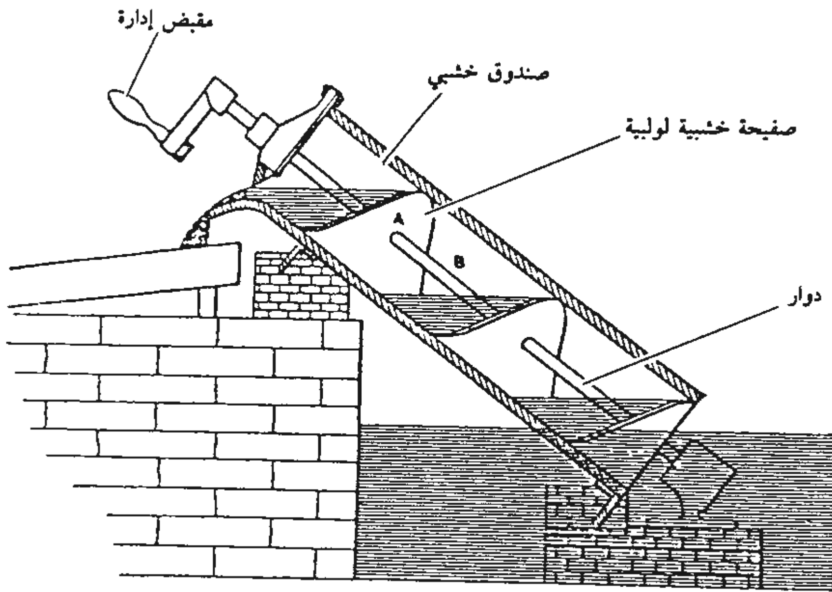
تم اختراع «الأسطوانة» على الأرجح في مصر إبان النصف الثاني من القرن الثالث قبل المسيح. وهي مؤلفة من قرصين كبيرين خشبيين مثبتين إلى محور خشبي يتضمن عدداً من القضبان الحديدية التي تتجاوز هذا المحور من الجانبين. والقضبان هذه مثبتة محورياً بواسطة ركائز معدنية مستندة إلى دعامتين. والفراغ بين القرصين مقسم إلى ثمانية أجزاء (أي حجرات) بواسطة ألواح. أما محيط الأسطوانة فهو مغطى بألواح تتضمن فتحة واحدة في كل جزء، معدة لاستقبال الماء. كما توجد ثقوب دائرية حول المحور على أحد جانبي الأسطوانة. والآلة مطلية كلها بالقطران (الشكل رقم (٢٢ ـ ٧)). عندما تدور الأسطوانة بواسطة عجلة مائية، يسيل الماء من منبعه ويدخل إلى الحجرات التي تكون في هذه الحالة في النقطة السفلى من مسارها، ثم ينصب من الفتحات عندما تقترب الحجرات من القمة.

ويسيل بعد ذلك في قناة نحو الخزان. ونادراً ما يرد ذكر الأسطوانة في كتب المؤلفين المسلمين عند الحديث عن وسائل الري، ويبدو أن استخدامها الرئيس يتعلق بتفريغ المياه من الجباب. فهي النظام المثالي في هذا المجال، إذ إن استعمالها ممكن في حيز صغير. وقد كان من الضروري استخدام مجموعة أسطوانات، الأولى منها معدة لرفع الماء إلى خزان موجود على سطح، أما الثانية فتقود الماء إلى خزان ثان وهكذا دواليك، حتى يتم إفراغه كلياً في قناة صرف عند مدخل الجب.



الشكل رقم (٢٢ ـ ٧)

وقد تم اختراع الترس الدودي أو «حلزون الماء» على الأرجح على يد أرخميدس (٢٨٧ ـ ٢١٢ ق.م) عندما كان يعيش في مصر. ومن الطبيعي أن هذه الآلة غالباً ما تسمى طنبور أو شادوف أرخميدس. وهي تتضمن صفيحة خشبية محكمة لولبياً على امتداد دوار أسطواني خشبي. كما تحتوي على صندوق خشبي محكم حول هذا الدوار، وهو شبيه ببرميل مؤلف من ألواح مطلية بالقطران ومطوقة بأحزمة حديدية. والدوار مجهز بغلافات معدنية تدور في علب معدنية. ويوضع الترس بشكل مائل بحيث يكون أحد طرفيه غائصاً في الماء. ومن خلال دوران الآلة، يصعد الماء على امتداد الترس الدودي ليصب في الطرف الآخر. وكلما صغرت الزاوية المحددة بين محور الدوار وسطح الماء، ازدادت كمية الماء المرفوعة (الشكل رقم (٢٢ ـ ٨)).



الشكل رقم (٢٢ ـ ٨)

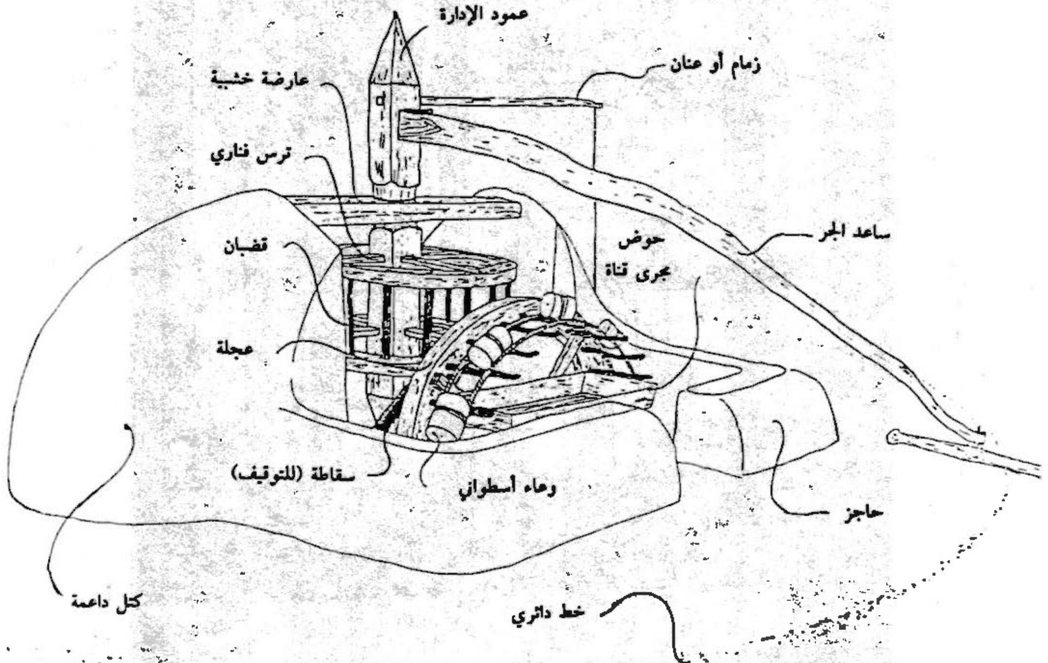
نحن لا نعرف بالضبط كيف كانت الآلة تدور في الأزمنة القديمة. وربما كان ذلك بمساعدة عجلة هيدرولية، وفي هذه الحالة يتم نقل الطاقة بواسطة مسننتين. وفي أيامنا هذه، يتم تشغيلها عموماً بواسطة مقبض إدارة. إلا أن المقبض هذا لم يكن معروفاً قبل القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد. وبالمقابل، فقد كان استخدام الترس الدودي شائعاً في العالم الإسلامي حتى فترة قريبة من الزمن، لكنه يبدو نادراً في الوقت الراهن.

تستخدم كلمة «ساقية» في هذا المجال لوصف «سلسلة قواديس»[٢٠] يتم تحريكها بمساعدة عجلتين مسننتين وذلك بواسطة حيوان أو حيوانين مدربين لهذا العمل مربوطين بساعد الجر، ويدوران حول منبسط دائري. وقد تم اختراع هذه الآلة المهمة للغاية في مصر، على الأرجح حوالى العام ٢٠٠٠ ق.م ولم يطرأ عليها أي تطور مهم قبل القرنين الرابع والخامس بعد الميلاد، وقد تمثل هذا التطور فيما بعد بإدخال آلية سقاطة التوقيف وأوعية الخزف. ومع أن طريقة عمل الآلة سهلة الشرح، إلا أن صناعتها معقدة للغاية لأنها تتضمن أكثر من مئتي عنصر. ولن نقدم هنا سوى التفاصيل الأساسية لصناعتها.

يتم ربط الحيوان إلى ساعد الجر الذي يمر عبر ثقب في عمود الإدارة، وعلى هذا العمود تثبت العجلة المسننة أفقياً بواسطة قضبان شعاعية (برامق). يدور العمود داخل عارضة خشبية مدعمة بواسطة قواعد، مع الحفاظ عليه على مستوى الأرض وفوق العجلة المسننة. والعجلة هذه هي ترس فناري مؤلف من قرصين خشبيين كبيرين متباعدين بواسطة

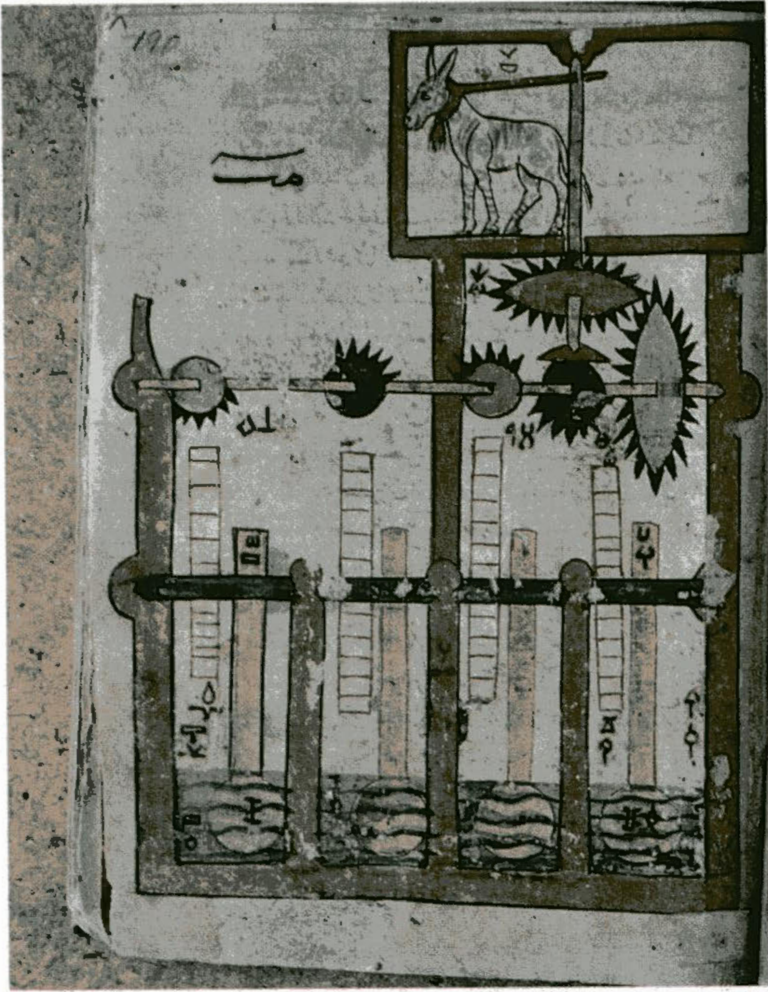
(٢٠) مفردها قادوس وهو إناء يستخدم لإخراج الماء من السواقي.

قضبان متساوية البعد فيما بينها. أما العجلة المسننة العمودية التي تحمل سلسلة القواديس، فهي مرتكزة محورياً فوق البئر أو مصدر مياه آخر بواسطة محور خشبي. وعلى أحد جانبي العجلة توجد قضبان تدخل في الفراغات بين قضبان الترس، كما تخترق العجلة إلى الجانب الآخر لكي تستند وتحمل سلسلة القواديس. وتتألف هذه السلسلة من حبلين يتم بينهما ربط أوعية الخزف. وتستخدم أحياناً سلاسل وأوعية معدنية (الشكل رقم (٢٢ ـ ٩)).



الشكل رقم (٢٢ ـ ٩)

ولمنع العجلة من الدوران في الاتجاه المعاكس، فإن الآلة مجهزة بآلية سقاطة التوقيف التي تضغط على أسنان العجلة العمودية. وهذه الآلية ضرورية، لأن الحيوان الذي يدفع الساعد يخضع لقوة جر ثابتة، عندما يتحرك، وكذلك عندما يقف. وتعمل الآلية في حالتين، عندما يتخلص الحيوان من عدته، أو عند وقوع كسر أو ما شابه في العدة. ومن دون هذه الآلية، فإن الآلة تدور في الاتجاه المعاكس بسرعة كبيرة، وبعد دورة يضرب ساعد الجر الحيوان على رأسه. وفي الوقت نفسه يتحطم العديد من قضبان الترس وتتكسر الأوعية.

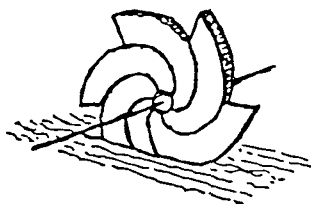


الصورة رقم (٢٢ ـ ٢)

الجزري، **كتاب في معرفة الحيل الهندسية** (مخطوطة رامبور، ٣٦٩٠).
نرى في هذه الصورة نظاماً تخيله الجزري
وهو نظام يشترك في تحريكه الحيوان وقوة الدفع المائي.

وقد يكون حيوان الجر حماراً أو بغلاً أو ثوراً. وأحياناً يستخدم حيوانان من الصنف نفسه. وعندما يتقدم الحيوان على المنبسط الدائري، يدور الترس ويحرك عجلة القواديس التي تغوص في الماء في حركة متواصلة وتفرغ عندما تكون في رأس العجلة في قناة متصلة بخزان. وعلى الرغم من أن الوظيفة الأساسية لـ «الساقية» تتعلق بأعمال الري، إلا أن

استخدامها ممكن للتزود بالماء عندما تكون الأبنية على مسافة قريبة من المنبع الطبيعي. وكلما طالت سلسلة القواديس، أي كلما ازدادت مسافة الرفع، انخفض مردود التغذية بالماء. ولا يشكل هذا الانخفاض عاملاً سلبياً بالنسبة إلى التزود البيتي بالماء، إلا أن نقل كميات كبيرة من المياه بواسطة أنظمة رافعة صغيرة يشكل، في الواقع، إحدى المشكلات التقنية في رفع الماء. ويمكن حل هذه المشكلة باستخدام عجلة قواديس حلزونية الشكل (الشكل رقم (٢٢ ـ ١٠)) وهي تصعد حتى مستوى الأرض بفعالية كبيرة. إن هذه الآلة واسعة الانتشار في مصر في أيامنا هذه. وقد حاول اختصاصيو مركز الأبحاث الواقع بالقرب من القاهرة تحسين شكل القواديس بهدف الحصول على مردود أقصى. وعلى الرغم من أنها تبدو شديدة الحداثة في الرسم العائد إليها، إلا أنها قديمة للغاية، لأن منمنمة (Miniature) من أصل بغدادي من القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد، تظهر لنا عجلة قواديس حلزونية الشكل يحركها ثوران ويتم نقل الطاقة بالطريقة نفسها المتبعة في «السواقي» الكلاسيكية.



الشكل رقم (٢٢ ـ ١٠)

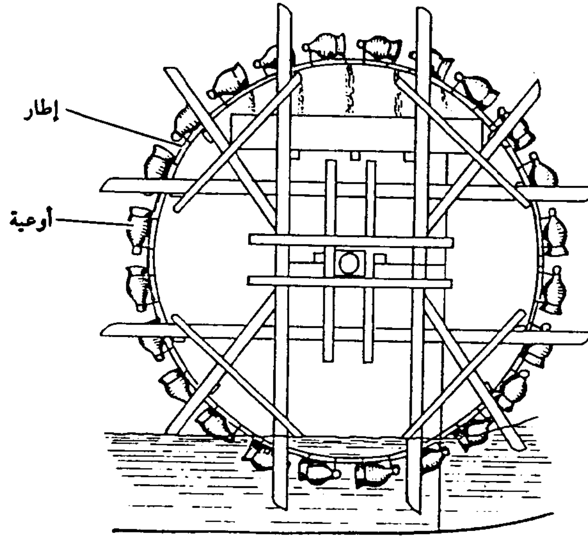
كانت هذه الطريقة مستخدمة بشكل واسع في العالم الإسلامي منذ العصور القديمة وحتى أيامنا هذه. وقد أدخلها المسلمون إلى شبه الجزيرة الإيبيرية حيث تم استغلالها بشكل واسع. وهي لم تنتشر في أغلب البلدان الأوروبية فحسب، بل أيضاً في العالم الجديد بفضل تقنيين إسبان. وهي تملك ميزة بالنسبة إلى المضخة العاملة بمحرك ديزل، لأن صناعتها وصيانتها ممكنتان على يد حرفيين محليين، كما أنها لا تتطلب وقوداً[٢١]. إن تاريخ «الساقية» الطويل لم ينته عند هذا الحد. فهناك إشارات عديدة تبين لنا أن ميزاتها الكثيرة ستضمن لها بقاءً في مستقبل متوقع.

إن «الناعورة» هي أيضاً آلة عميقة الدلالة في تاريخ التقنيات. وهي تتألف من عجلة خشبية كبيرة مجهزة بمغاديف[٢٢]. وتملك هذه العجلة إطاراً يقع داخل المغاديف، وهو مقسم إلى حجيرات. وتوجد نماذج مختلفة من «الناعورة»، يتضمن بعضها أوعية خزفية شبيهة بأوعية «الساقية» مثبتة على الإطار. وتركب العجلة على محور يقع فوق مجرى الماء، بحيث تغوص الحجيرات والمغاديف في الماء في النقطة السفلى من دورانها. وتضغط قوة التيار على المغاديف، فتجبر العجلة على الدوران، وتمتلىء الحجيرات بالماء ثم تفرغ عندما تصل إلى قمة العجلة. وبشكل عام يغذي الماء خزاناً، ثم يتم توجيهه عبر قناة نقل وصولاً إلى نظام الري أو نظام التزود بالماء في المدن (الشكل رقم (٢٢ ـ ١١)). وهكذا، فإن «الناعورة» تعمل تلقائياً ولا تتطلب وجود إنسان أو حيوان من أجل استخدامها.

---

(٢١) نيول.

(٢٢) شفرات.



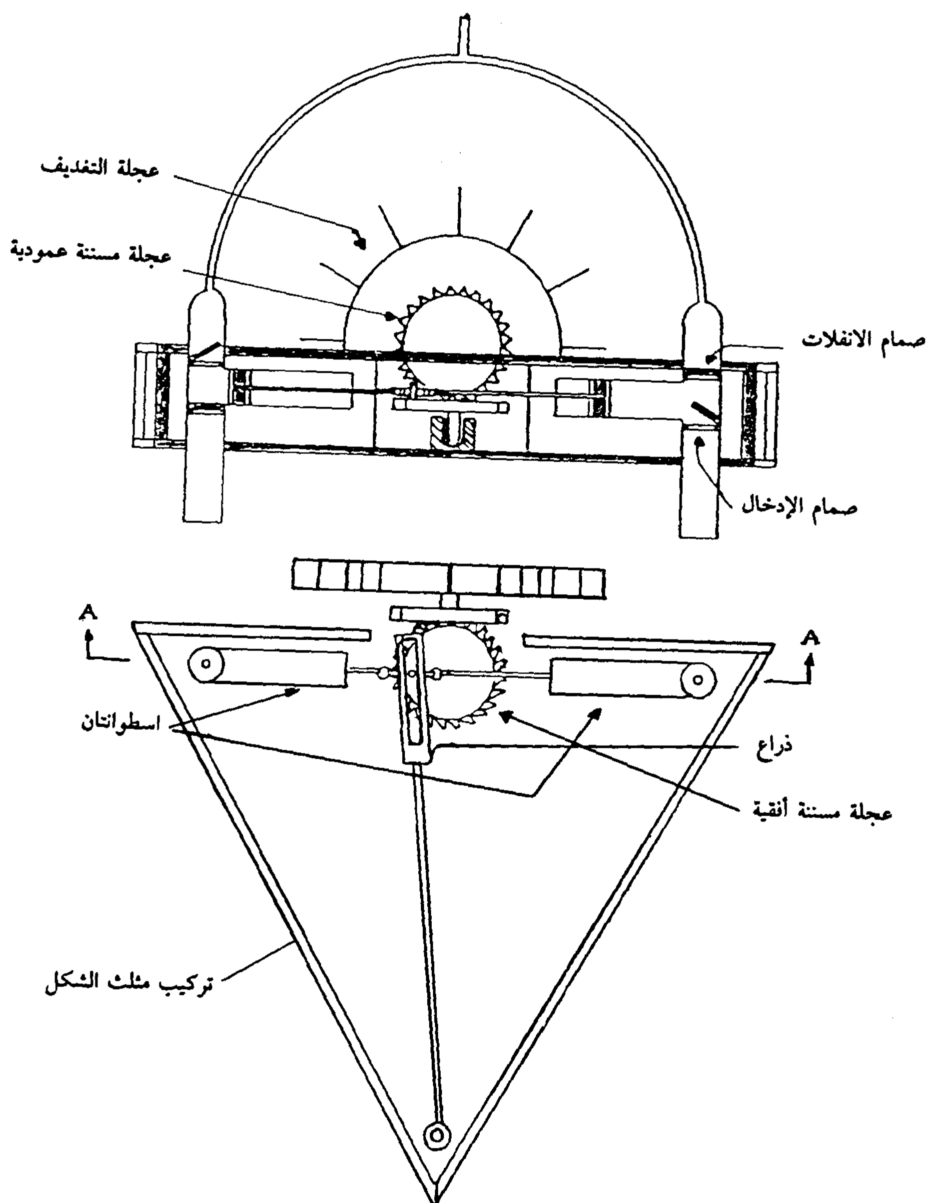
الشكل رقم (٢٢ ـ ١١)

إن أقدم وصف نملكه عن الناعورة موجود في أعمال ڤيتروف[٢٣] (Vitruve) العائدة إلى القرن الأول قبل الميلاد. وتشير المفردات والمصطلحات الواردة في هذه الأعمال إلى أن هذه الآلة قد استخدمت في فترة زمنية سابقة لهذا التاريخ. وقد تم اختراعها على الأرجح حوالى العام ٢٠٠ ق.م في سوريا أو في بلاد ما بين النهرين أو في إيران، وعلى أي حال فقد كان ذلك في إحدى المناطق الجبلية في الشرق الأوسط التي تحتوي على مجاري مياه دائمة. وقد شاع استخدامها كثيراً في العالم الإسلامي في تلك المناطق حيث تسمح الظروف بذلك. ونجد آثاراً عن استخدامها في الأماكن التي كانت موجودة فيها في العراق وإيران وإسبانيا وغيرها. أما أكثرها شهرة فهي نواعير حماة على نهر العاصي في سوريا، التي تشكل منظراً مؤثراً ومدهشاً. ويبلغ قطر الناعورة الكبرى حوالى ٢٠ متراً. وتصب النواعير هذه الماء في قناة تحمله إلى المدينة والريف المجاور. وقد اشتهرت هذه الآلات باعتبارها مستخدمة منذ القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد، لكنها وجدت على الأرجح قبل هذا التاريخ. وقد تم استخدامها على نطاق واسع في إسبانيا بفضل تقنيين سوريين. وهناك آلة شبيهة بنواعير حماة، كانت مستخدمة في طليطلة حوالى القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد، وقد شاع استعمالها بعد ذلك في إسبانيا الإسلامية. كما انتشرت في أجزاء أخرى من أوروبا، وهي كالساقية ما زالت مستخدمة حتى أيامنا هذه.

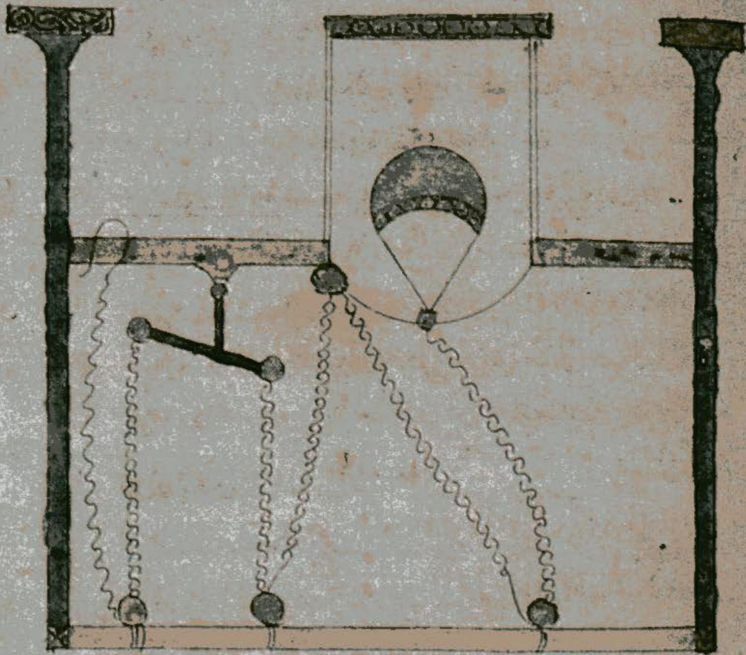
وقد وصفت خمسة أنظمة لرفع الماء في الكتاب الكبير عن الآلات، الذي وضعه

(٢٣) معمار روماني.

الجزري في ديار بكر في العام ٦٠٢هـ/ ١٢٠٦م. وأحد هذه الأنظمة يمثل «ساقية» تعمل بالماء، وهو طراز اشتهر باستخدامه اليومي في العالم الإسلامي في القرون الوسطى، وذلك بهدف واضح يتمثل في زيادة مردود الآلة التقليدية. ويقدم هذا الوصف معلومات قيمة عن تطور التقنيات الميكانيكية. فعلى سبيل المثال، نرى في واحد من هذه الأنظمة إشارة إلى تخفيض العمل المتقطع. وفي ثان منها يتم استخدام مقبض الإدارة، وهذا أول نموذج لمقبض مستخدم كجزء مكمل للآلة. أما الآلة الخامسة فهي الأكثر دلالة، إنها مضخة مائية مؤلفة من أسطوانتين تعملان بواسطة عجلة تغذيف، مركبتين على محور أفقي فوق مجرى الماء، ومن عجلة مسننة مثبتة على الطرف الآخر من المحور (الشكل رقم (٢٢ ـ ١٢)).
وينشبك هذا المحور مع عجلة مسننة أفقية موضوعة في تركيب خشبي مثلث الشكل، والتركيب هذا مثبت فوق حوض يغذيه جدول. وعلى الجانب العلوي من العجلة المسننة الأفقية توجد عصا تقود ذراعاً مثبتة في زاوية من التركيب. أما محورا الأسطوانتين (المضخة) فهما مرتبطان من كل جانب من الذراع بمشابك وحلقات. وفي طرف كل محور يوجد مكبس يتضمن قرصين نحاسيين متباعدين بمسافة قيمتها حوالى ٦ سنتم، والفراغ بين القرصين مملوء بحبل من قنب مفتول. والأسطوانتان النحاسيتان مزودتان كل منهما بأنبوبين أحدهما للإدخال والآخر للصرف، وكل أنبوب مجهز بصمام لا رجعي. ويتصل أنبوبا الصرف معاً ليشكلا أنبوباً واحداً يدفع الماء إلى ارتفاع يبلغ حوالى ١٤ متراً فوق الجدول.
ويتم العمل على الشكل التالي: عندما تدور عجلة التغذيف، فإنها تجبر العجلة المسننة العمودية على الدوران حول محورها، والمحور بدوره يدير العجلة المسننة الأفقية الموجودة في التركيب، وتفرض العصا على الذراع حركة تذبذبية من جهة إلى أخرى (من أسطوانة إلى أخرى). وعندما يقوم أحد المكبسين بالصرف، فإن الآخر يقوم بالإدخال. إن الركن الأساسي في هذه الآلة هو مبدأ الفعل المزدوج، وتحويل الحركة الدورانية إلى حركة متناوبة، واستخدام أنابيب إدخال حقيقية. وكانت المضخات اليدوية في العصر الكلاسيكي والهلنستي تملك أسطوانات عمودية تغوص مباشرة في الماء الذي يدخل إليها عبر صمام مفتوح عند الإدخال. وبالتالي، فإن هذه المضخات لم تكن قابلة للتركيب فوق مستوى الماء.
وقد تم صنع نموذج بقياس يساوي ربع قياس الآلة الأصلية بمناسبة المهرجان العالمي للإسلام في العام ١٩٧٦، وهو مخصص لمتحف العلوم في لندن. ولديه التركيبة نفسها للآلة التي وصفها الجزري، باستثناء أن تشغيلها يتم بالطاقة الكهربائية. وقد سارت هذه المضخة النموذج على الوجه الأكمل، مع نقل للحركة بليونة، ومع صرف منتظم للماء في أنابيب الخروج.



الشكل رقم (٢٢ ـ ١٢)



الصورة رقم (٢٢ ـ ٣)

آلات لرفع المياه (مخطوطة ليدن، ٤٩٩).

بعد أن بحث المؤلف في هذه المخطوطة بالآلات الحربية، اهتم بآلات رفع المياه.

إن البراهين على دوام التقاليد التقنية الميكانيكية قد ورد ذكرها في كتاب حول الآلات يحمل عنوان **كتاب الطرق السنية في الآلات الروحانية** وضعه تقي الدين حوالى العام ٩٦٦هـ/ ١٥٥٩م، حيث يصف عدداً من الآلات بما فيها مضخة مماثلة لمضخة الجزري. إلا أن النظام الأكثر إثارة للاهتمام هو مضخة أحادية الكتلة بست أسطوانات (الشكل رقم (٢٢ ـ ١٣)).

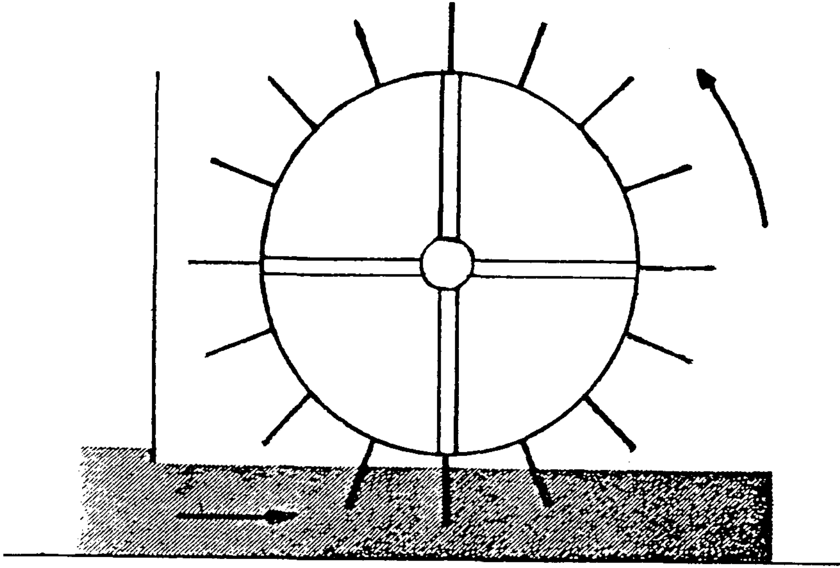
الشكل رقم (٢٢ ـ ١٣)

والأسطوانات هذه محفورة على خط واحد في كتلة خشبية مغمورة في الماء. وكل أسطوانة منها مجهزة بصمام لارجعي لاستقبال الماء فيها عند طور الإدخال. أما أنابيب الصرف فهي أيضاً مزودة بصمامات لارجعية، وكل واحد منها يمتد خارج الأسطوانة، وتلتقي جميعها في أنبوب صرف واحد رئيس. وعند طرف كل مكبس توجد ثقالة ورافعة موصولة تحت الثقالة تماماً بواسطة مسمار وصلة. وعلى محور العجلة المسننة توجد كامات[٢٤] تعمل على إنزال الرافعات الواحدة تلو الأخرى، مما يؤدي إلى رفع المكابيس من أجل الإدخال. وعندما تتحرر الرافعة من الكامة، تنزل الثقالة المكبس من أجل الصرف. ومن المفيد الإشارة إلى أن كتاب تقي الدين سابق للعمل الشهير حول الآلات الذي وضعه أغوستينو راملي (Agostino Ramelli) في العام ١٥٨٨م. لذلك ربما حصل تأثير إسلامي في تكنولوجيا الآلات في أوروبا، في زمن على قدر من البعد كالقرن العاشر للهجرة/ السادس عشر للميلاد.

٢ ـ الطاقة المتولدة من الماء والريح

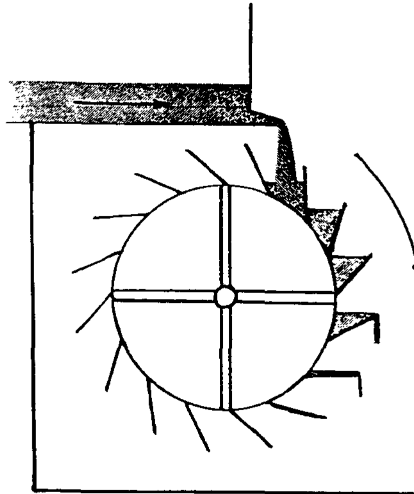
توجد ثلاثة نماذج من الطواحين المائية. وقد استخدمت جميعها إبان قرون عديدة قبل مجيء الإسلام. إن مسألة أصلها وانتشارها، التي ما زالت موضع جدال في الوقت الراهن، لا تدخل في بحثنا. وأول طراز منها هو عجلة تغذيف مثبتة على محور أفقي فوق مجرى الماء (الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤أ)). وتتولد طاقتها بشكل كامل تقريباً عن سرعة الماء، لذلك فهي تتأثر بالتغيرات الفصلية في منسوب مجرى الماء الذي عليه يتم تركيبها. بالإضافة إلى ذلك، قد ينخفض مستوى الماء، فتبقى المغاديف جزئياً أو كلياً خارج الماء. كما أن فعالية عجلة التغذيف قد تنخفض حتى ٢٢ بالمئة تقريباً، لأن القسم الأكبر من الطاقة المنتجة يتبدد بسبب التدوم والاحتكاكات. أما واقع بقاء هذا الطراز من الطواحين شائعاً إبان قرون عديدة، على الرغم من كل ما ذكرناه، فهو عائد إلى بساطة صناعته، وإلى تجهيزات خاصة قادرة على زيادة مردوده، وسنأتي على ذكر هذا الأمر لاحقاً.

(٢٤) جمع كامة، وهي نتوءات معدة لتحويل الحركة.



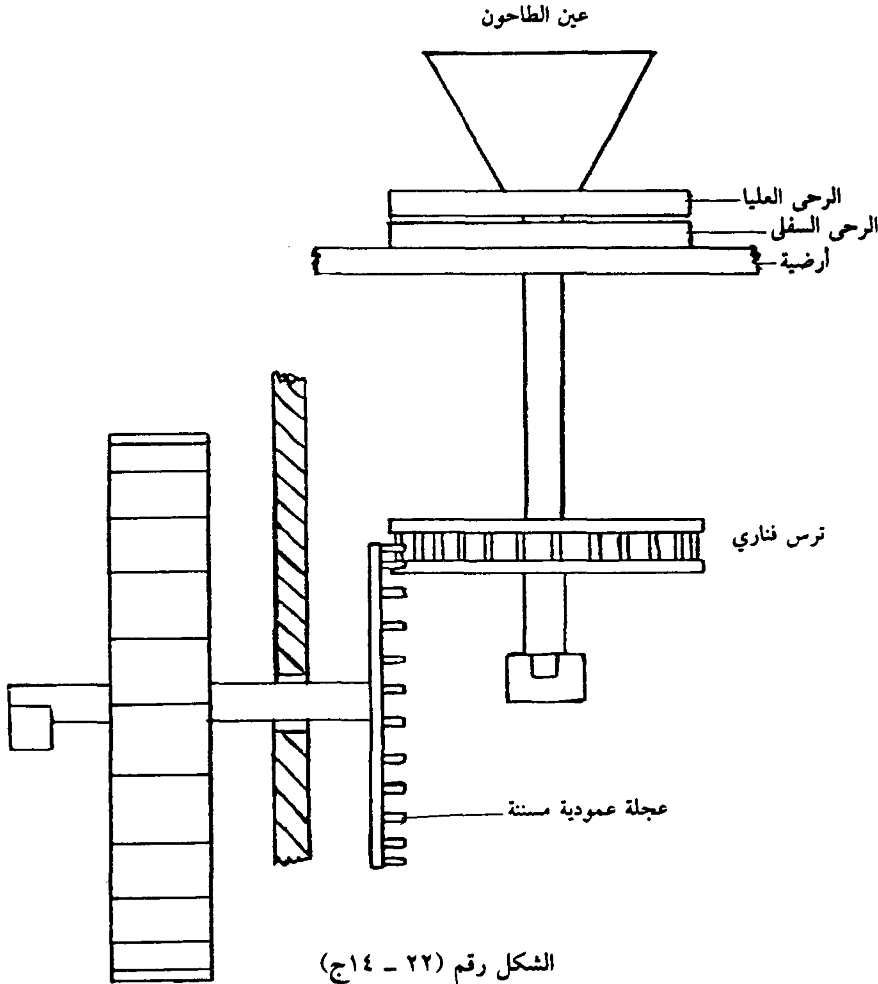
الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤أ)

أما الطراز الثاني من الطواحين فهو أيضاً عمودي على محور أفقي. وإطاره مقسم إلى حجرات، تتم تغذيتها بالماء من فوق. وعادة، يأتي الماء من قناة اصطناعية أو من قناة صرف طاحونة (الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤ب)). إن فعاليتها قد تتجاوز ٦٦ بالمئة، شريطة أن ينصب ماء القناة كله على المغاديف، وألا يحصل أي هدر.



الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤ب)

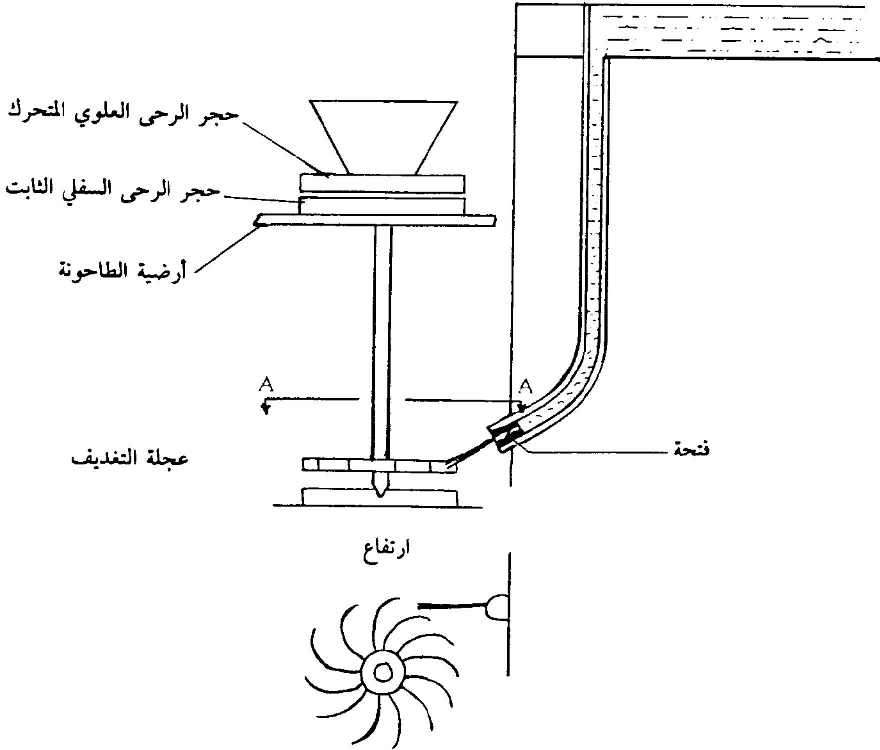
ويتطلب هذان الطرازان من العجلات العمودية مسننتين لنقل الطاقة إلى الطاحونة. فهما يحتويان على عجلة مسننة عمودية مثبتة على أحد طرفي المحور وموجهة نحو الطاحونة. وهي تنشبك مع ترس فناري يمر محوره العمودي عبر أرضية الطاحونة، وعبر حجر الرحى السفلي الثابت، والمحور مثبت في حجر الرحى العلوي المتحرك. ويتم إدخال القمح إلى تجويف الحجر العلوي انطلاقاً من عين الطاحون.



الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤ج)

أما الطراز الثالث من الطواحين فهو أفقي، ويمكن تقسيمه إلى طرازين رئيسين. ويتضمن أحدهما عجلة بمغاديف مقوسة أو مجوفة، والعجلة هذه مركبة في الطرف الأسفل من محور عمودي. والماء الصادر عن فتحة موجودة في أسفل الخزان يكون موجهاً نحو المغاديف، وبذلك يكون سيل الماء مماساً وشعاعياً (الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤د)). أما الطراز

الآخر، فهو عجلة تغذيف مثبتة أيضاً في الطرف الأسفل من محور عمودي، وموضوعة داخل أسطوانة ينصب فيها الماء بشكل متسلسل من مستوى عال. كما أنه من الممكن تحريك عجلات المغاديف بواسطة انبجاس ماء عمودي من الأسفل إلى الأعلى. والطراز الأول من هذه المجموعة كان معروفاً في أوروبا وفي القسم الغربي من آسيا في القرن السادس للميلاد على أبعد تقدير. أما الثاني فقد ورد وصفه في المؤلفات العربية العائدة إلى القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد، لكننا لا نعلم ما إذا كان قد استخدم في أوروبا قبل القرن العاشر للهجرة/ السادس عشر للميلاد.



الشكل رقم (٢٢ ـ ١٤د)

إن الجغرافيين والرحالة المسلمين لا يتركون لنا أي مجال للشك حول أهمية الطواحين المائية في العالم الإسلامي. فهذه الأهمية لا تنعكس فقط في العدد الكبير من الطواحين المنتشرة في شبه الجزيرة الإيبيرية وصولاً إلى إيران، بل كذلك في الموقف الإيجابي جداً للكتاب العرب المتمثل في تأكيدهم أن الطاقة الكامنة لمجاري المياه يمكن تحويلها بواسطة هذه الأنظمة. وقد ذكر المقدسي أن نهر دجلة عند منبعه بإمكانه أن يدير مطحنة واحدة. أما الإصطخري فقد قدر، عندما كان يتأمل مجرى ماء بسيل سريع في مقاطعة كرمان الإيرانية،

أن هذا التيار بإمكانه تشغيل عشرين طاحونة على الأقل. ويبدو الأمر وكأن هؤلاء الخبراء كانوا يقومون بتقدير نهر تبعاً لطاقته بهدف بناء طواحين. ويصبح هذا الأمر مفهوماً، إذا ما تذكرنا أن المدن الإسلامية الكبيرة كبغداد والفسطاط وقرطبة كانت مرتبطة بوجود زراعة مزدهرة، لكي يكون بإمكانها إطعام الأعداد الكبيرة من سكانها وإعداد منتجات جاهزة من أجل تجارة رائجة. فقد كانت جميع التجمعات السكانية الكبيرة في تلك المدن تحصل على تموينها بالطحين الوارد من الطواحين. وكل طاحونة منها كانت تقدم الخدمات للمدينة القريبة منها أو المرتبطة معها بطرق مواصلات جيدة. وللتدليل على هذا الأمر، سنكتفي بإعطاء مثال واحد من القرن الرابع الهجري/ العاشر الميلادي، ففي ذلك العصر كانت بلاد ما بين النهرين أهراء مدينة بغداد، والقمح الذي كانت تنتجه كان يطحن في طواحين ـ مراكب راسية على نهري دجلة والفرات. وكل طاحونة منها كانت تحتوي على مجموعتين من حجري الرحى، وكان باستطاعتها إنتاج عشرة أطنان من الطحين في أربع وعشرين ساعة. في حين أن أوروبا لم تعرف في ذلك العصر أية وسيلة باستطاعتها مقاربة مثل هذه الكمية في إنتاج الطحين.

وقد كانت الطاحونة ـ المركب إحدى الوسائل المستخدمة لزيادة عدد الطواحين العاملة. كما كانت تفيد من التيار الأكثر سرعة في وسط مجاري المياه، ولا تتعرض للمشكلات الناتجة عن انخفاض منسوب الماء في فصل الجفاف. وكانت هناك طريقة أخرى تسمح بتثبيت العجلات المائية للطواحين إلى أرصفة أو جسور، بهدف استخدام كميات من الماء تتم زيادتها بواسطة سد مخصص لهذه الغاية. وقد كانت السدود تشيد من أجل تأمين الطاقة الإضافية الضرورية لتشغيل الطواحين وآلات رفع الماء. ونذكر في هذا المجال السد الذي بناه عضد الدولة على نهر كر في إيران. كما وصف الإدريسي في القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد سد قرطبة في إسبانيا، الذي كانت توجد فيه ثلاثة إنشاءات يتضمن كل واحد منها أربع طواحين. وقد تغير شكل الطواحين كثيراً على امتداد القرون. ويشكل استخدام المسلمين لإنشاءات تعمل بقوة المد برهاناً على تطلعهم وحماستهم لاستعمال جميع المصادر الكامنة للطاقة. إلا أن هذا الاستخدام لم يكن بالطبع ممكناً في البحر الأبيض المتوسط. غير أنه وجدت طواحين في منطقة البصرة في القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد تعمل بواسطة الجزر. ولم يظهر هذا النوع من الطرق في أوروبا إلا بعد حوالى قرن من الزمن.

وقد استخدم المسلمون الطاقة المتولدة من الماء لأغراض مختلفة. وفي العام ١٣٤هـ/ ٧٥١م، وبعد معركة أطلخ، أدخل أسرى الحرب الصينيون صناعة الورق إلى مدينة سمرقند. وكان هذا الورق يصنع وفق الطريقة الصينية من قماش وقطع خرق وكتان أو قنب. وبعد ذلك العام بفترة قصيرة من الزمن، تم بناء طواحين لإنتاج الورق في بغداد واليمن ومصر وسوريا وإيران وأفريقيا الشمالية وإسبانيا، وذلك وفق نموذج طواحين سمرقند. ومما لا شك فيه أن المنتجات المصنوعة بواسطة هذه الطواحين كانت تحضر

بمساعدة مطارق آلية تعمل بالطاقة التي يوفرها الماء، وقد كانت هذه الطريقة مستخدمة في الصين منذ زمن طويل. ويخبرنا البيروني، الذي كتب عن هذا الموضوع حوالى العام ٤٣٥هـ/ ١٠٤٤م أن الذهب الخام كان يسحق بهذه الطريقة، على غرار ما كان يفعله صناع سمرقند عند طرقهم للكتان من أجل تحضير الورق. كما كانت طاقة الماء تستخدم أيضاً في العالم الإسلامي لصنع القماش والثياب، ولنشر الخشب، ولتحويل قصب السكر. وتجدر الإشارة إلى أن انتقال التكنولوجيا بين الصين والعالم الإسلامي قد أنتج تجارة باتجاهين، فوفقاً لماركو بولو علم المسلمون الصينيين طريقة تكرير السكر. وما زلنا حتى الآن لا نعرف إلى أي حد تأثر إنشاء الطواحين في أوروبا بالممارسة والتطبيق الإسلاميين. إن إحدى المناطق المحتملة لنقل التكنولوجيا الإسلامية هي شبه الجزيرة الإيبيرية، حيث أخذ المسيحيون إنشاءات إسلامية كاملة، بما فيها طواحين جاتيڤا (Jativa) للورق.

ومما لا شك فيه أن الطواحين الهوائية كانت معروفة في سيستان قبل مجيء الإسلام، وسيستان هذه هي الجزء الواقع في أقصى الغرب من أفغانستان الحديثة. ووفقاً للمسعودي، فقد أكد أحد الفرس للخليفة عمر أنه كان قادراً على إنشاء طاحونة هوائية. فوافق الخليفة على طلبه وسمح له بتحقيق حلمه. وقد أشار جغرافيون عرب في القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، إلى طواحين سيستان. إلا أن أول وصف كامل ظهر في كتاب تم وضعه حوالى العام ٦٦٩هـ/ ١٢٧١م. ولا يطابق هذا الوصف نماذج الطواحين الأوروبية التي تتضمن محوراً أفقياً ومسننتين. فالطواحين المعروفة آنذاك كانت مركبة على قواعد مبنية بشكل خاص على أبراج القصور وعلى قمم الهضاب. وكانت تتألف من غرفة علوية يركب فيها حجرا الرحى، ومن غرفة سفلية يقع فيها الدوار. وكان المحور الأفقي يحمل اثني عشر ذراعاً أو ستة أذرع مغطاة بطبقتين من قماش أو جلد. وكانت جدران الغرفة السفلية مثقوبة بأقنية على شكل قمع يكون طرفه الضيق موجهاً نحو الداخل، وذلك من أجل زيادة سرعة الريح التي تعمل على إدارة الأجنحة. وقد وجد هذا الطراز من الطواحين في العصر الإسلامي، في الصين والهند. وكان مستخدماً في مصر في القرون الوسطى في صناعة تحويل قصب السكر، إلا أن تطبيقه الرئيس كان مرتبطاً بصناعة الطحين.

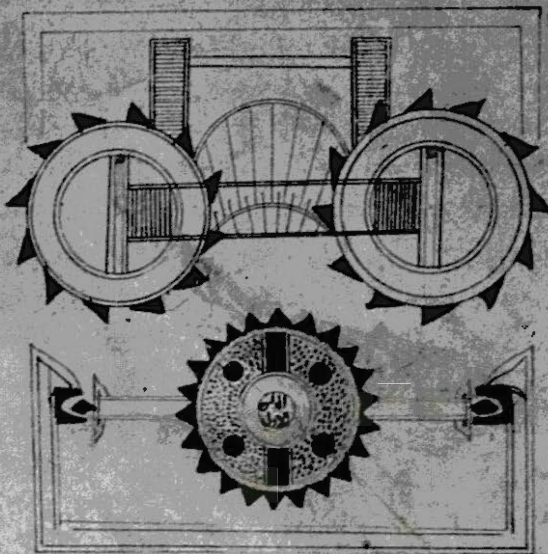
وبالنسبة إلى جميع هذه النماذج من الطواحين، فإن نوعية حجارة الرحى كانت أساسية في عملية الطحن. فالحجارة هذه يجب أن تكون صلبة ومتجانسة التركيب، لكي لا تنفصل عنها قطع حصى فتختلط مع الطحين. وقد كانت الحجارة الواردة من مناطق معينة مفضلة على غيرها. ففي تونس، كانت حجارة الرحى تقْطع من الجبال المحيطة بمنطقة مجانة، وتصدر إلى أفريقيا الشمالية كلها. وكانت مشهورة بقدرتها على الاستمرار في العمل لمدة تعادل فترة حياة إنسان. ولم تكن بحاجة إلى تقويم، نظراً لشدة صلابتها ولدقة حبيباتها. أما الحجارة السوداء الموجودة في الجزيرة في بلاد ما بين النهرين، فكانت تسمى حجارة الطواحين، وكانت تستخدم دائماً في الطواحين التي كانت تزود العراق بالطحين. وكان

الحجر الواحد الصادر من تلك المنطقة يساوي حوالى خمسين ديناراً. وأخيراً، كانت الحجارة المخصصة لطواحين خراسان تستخرج من منجم يقع في هضاب بالقرب من مدينة هراة.

٣ ـ تكنولوجيا الدقة

إن هذا التعبير، المستخدم في العصور القديمة، يشمل عدداً كبيراً من آليات وماكنات التركيب الدقيق والمتقن بوجه خاص. وقد كانت هذه الآليات والماكنات معدة لأغراض عديدة كالألعاب والأجهزة الآلية والساعات المائية والنوافير والآلات الفلكية. وكان عدد منها مخصصاً للتسلية والمتعة، وعدد ثان لتحديد الساعة، وآخر لمتطلبات البحث العلمي. وكانت هذه الآليات المتنوعة جميعها على درجة عالية من التخصص التقني الضروري لصناعتها، وتتطلب استخدام آليات محكمة وأنظمة تحكم عالية الدقة. وكانت هناك سمة مميزة للكثير من هذه الأنظمة تمثلت في محاكاتها لظواهر بيولوجية وسماوية، ويمكن تفسير هذا الأمر كحاجة ملحة لتقديم تمثيل ميكانيكي لظواهر فيزيائية. إلا أنه من الخطأ الاعتقاد بأن جميع هذه الأجهزة الآلية المصنوعة بهذا الشكل كان ينبغي عليها، بالضرورة، أن تحمل رؤية عن العالم الذي يتصوره الإنسان. فالكثير منها لم يكن سوى أدوات بسيطة للهو، وألعاب شديدة البراعة. ولهذا السبب، فإن بعض المؤرخين كانوا يميلون إلى الاستخفاف بها، معتبرين إياها عادية جداً، بدلاً من إعطائها قيمة معبرة. إن هذا الموقف بعيد عن الصواب بعد ذلك الموقف الذي يرفض تكنولوجيا الاتصالات بحجة أن بعض البرامج التلفزيونية تافهة ومبتذلة. فالكثير من الأفكار التي تم تطويرها في صناعة هذه الآليات البارعة، قد دخلت لاحقاً في مصطلحات التكنولوجيا الحديثة.

وعند استكشافنا مصادر تكنولوجيا الدقة هذه، لا بد لنا من تركيز اهتمامنا على العالم الهلينستي، وبخاصة على مدينة الإسكندرية. فهناك نكتشف أن أول ساعة مائية وأول جهاز آلي موسيقي قد نسبهما ڤيتروڤ إلى ستيسيبيوس (Ctesibius)، التقني المصري الذي كان يعمل في الإسكندرية حوالى العام ٢٥٠ ق. م إن أول مؤلف مهم يتعلق بالآليات البارعة قد وضعه فيلون البيزنطي (Philon de Byzance)، معاصر ستيسيبيوس. وقد تم استكمال وتطوير عمل فيلون على يد هيرون الإسكندري (Heron d’Alexandrie) الذي كان ناشطاً في منتصف القرن الأول بعد الميلاد. كما أن مصادر الأسطرلاب يمكن أيضاً نسبتها إلى مدرسة الإسكندرية. فقد كان بطلميوس بالتأكيد يعرف هذه الآلة، كما أن ثيون الإسكندري (Théon d’Alexandrie) قد وصفها في العام ٣٥٠م. وقد وردت هذه الكتابات في مؤلف سفيروس سبوخت (Sévère Sebokht)، الذي وضعه في مصر قبل العام ٦٦٠م، أي بعد بضع سنوات من استيلاء العرب على هذه المنطقة. لذلك نستطيع أن نستنتج مما ورد، أن هذا التقليد لم ينقطع بمجيء الإسلام.



الصورة رقم (٢٢ ـ ٤)

فيلون (القرن الثالث الميلادي)،

كتاب في الآلات المائية (اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٣٤٦٦).

ألف فيلون عدة كتب ميكانيكية وخاصة في الآلات الرافعة للماء.

ونرى هنا نظاماً من عجلات لرفع الماء.

إن عدداً كبيراً من المؤلفات اليونانية قد تمت ترجمته إلى العربية، وفي العديد من الحالات، فإن النسخة العربية هي التي بقيت وحدها. وقد كانت هذه الأعمال معروفة من التقنيين والكتاب المسلمين، الذي عبروا بصراحة عن احترامهم لإنجازات من سبقهم. كما

أن نقل التكنولوجيا كان يتم أيضاً بواسطة ما نسميه الأبحاث الأثرية. فمن المعلوم جيداً، على سبيل المثال، أن ساعات ضخمة قد تم إنشاؤها في سوريا منذ العصور القديمة إبان المرحلة البيزنطية، ومن ثم في أنحاء العالم العربي. ربما حصل، إذاً تقليد لهذه الساعات على يد تقنيين لاحقين. غير أن الأمر الأكثر احتمالاً هو أن أسرار كل اختصاص كانت تنتقل بالتلقين الشفوي من الأب إلى الابن، فبقيت بذلك في وسط عائلة واحدة أصبح أعضاؤها على امتداد الزمن ناطقين بالعربية ومسلمين. وقد أصبحت تكنولوجيا الدقة، مع مرور الوقت، حرفة معترفاً بها في العالم العربي. وكان التقنيون يستطيعون إيجاد الجزء الأكبر من إلهامهم في أعمال أسلافهم المسلمين، مع تمتعهم في الوقت نفسه بإمكانية الرجوع إلى الأعمال اليونانية. زد على ذلك أننا نستطيع ملاحظة هذه العملية في العلوم والتكنولوجيات الأخرى.

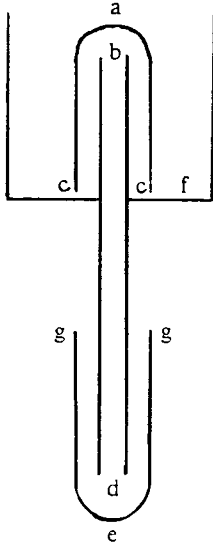
يصعب علينا في هذا المجال الضيق، أن نظهر كيف أن التقنيين العرب كانوا مختلفين عن أسلافهم الهلنستيين، وأحياناً متفوقين كثيراً عليهم في ميدان تكنولوجيا الدقة. إلا أننا نستطيع التوصل إلى هذا الأمر إذا ما تفحصنا الأعمال الإسلامية الأكثر أهمية، ولا سيما تلك الأعمال الأصيلة كلياً بالنسبة إلى القديمة. وفي هذا المجال نذكر أن بني موسى كانوا ثلاثة إخوة، هم محمد وأحمد والحسن، وكانوا ينتسبون إلى حاشية الخليفة العباسي المأمون (١٩٨هـ/ ٨١٣م ـ ٢١٨هـ/ ٨٣٣م) وإلى خلفائه. وقد شهدت هذه المرحلة ازدهاراً في العلم العربي تمثل في آن معاً في ترجمة المؤلفات اليونانية والسورية وفي الأعمال العلمية والتكنولوجية الخاصة بالعلماء العرب. وقد جرى العديد من هذه النشاطات برعاية بني موسى الذين كانوا أيضاً علماء وتقنيين أصيلين، وقد كتبوا حوالى عشرين مؤلفاً، لم يبق منها سوى مؤلفين اثنين. إن كتاب الحيل، الذي تم وضعه في بغداد حوالى العام ٢٣٥هـ/ ٨٥٠م، هو الذي يثير اهتمامنا أكثر من أي مؤلف آخر في دراستنا هذه. فهو يتضمن وصفاً لمئة آلية مستخدمة في أغلب أوعية الحيل، بالإضافة إلى قناديل تعبأ وتضبط بشكل آلي، وكمامة واقية من الغازات معدة للاستخدام في الآبار الملوثة، وكلابة ميكانيكية. وتشهد أوعية الحيل بشكل خاص على أصناف من التفاصيل مثيرة للدهشة. ونذكر في هذا المجال بعض نماذج الأوعية:

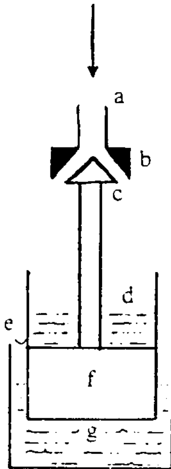
ـ نموذج ٢٦: وهو عبارة عن طراز جرة تتضمن أنبوباً خارجياً. عندما يحصل انسكاب السائل، فإن الصفيحة الساكبة تسمح للسائل بالانصباب أو تمنعه، وذلك وفق خيار محدد.

ـ نموذج ٤٣: وهو عبارة عن جرة لها حنفية، يمكن من خلالها صب ثلاثة سوائل من دون أن تمتزج فيما بينها. عندما تكون الحنفية مفتوحة، فإن السوائل تنسكب وفق الترتيب الذي تم فيه صبها.

ـ نموذج ٧٧: وهو عبارة عن حوض يقع بجانب خزان مقفل. عندما يتم سحب

كميات قليلة من الماء من الحوض، فإن كميات مماثلة تسيل نحوه من خلال أنبوب يقع في أسفل الخزان. في حين أن سحب كمية كبيرة من الماء لا يؤدي أبداً إلى تعبئة الحوض.





الشكل رقم (٢٢ ـ ١٥)

إن هذه الأعمال، بالإضافة إلى الكثير غيرها، كانت تتم بواسطة المزج البارع لعدد من المبادىء الهيدرولية والميكانيكية. وهناك عملان مشار إليهما على الشكل رقم (٢٢ ـ ١٥). يظهر الشكل رقم (٢٢ ـ ١٥أ) مثعباً مزدوج التمركز، حيث يمر الأنبوب (bd) عبر صفيحة (f) تفصل الحجرة العليا عن الحجرة السفلى، والوصلة بين الصفيحة والأنبوب محكمة لا تسمح بمرور الهواء. والأنبوب (a - cc) موضوع في طرف (b) للأنبوب (bd)، ومثبت إليه بواسطة قطع سلك نحاسي موجودة بينهما. وطرف (a) هذا الأنبوب مغلق. وهناك أنبوب آخر (e - gg) يملك أيضاً طرفاً (e) مغلقاً، وهو مثبت على طرف (d) الأنبوب (bd). إن الفعل الناتج عن إدخال هذه الآلية في تيار دورة ماء، يؤدي إلى خلق جيب هوائي عند توقف سيل الماء، بحيث ان هذا السيل لا يستطيع الاندفاع مجدداً إلا في شروط معينة. وبذلك، فإن المشاهدين يصابون بالدهشة من جراء هذا الفعل غير المتوقع. ونشير إلى أن هذا المثعب المزدوج التمركز لم يرد ذكره في أي عمل يوناني، ولم يجر الحديث عنه، وفق ما نعرفه، في أي مؤلف باستثناء كتاب بني موسى. وتجدر الإشارة إلى أن ميكانيكا السوائل خلال هذه العملية معقدة للغاية.

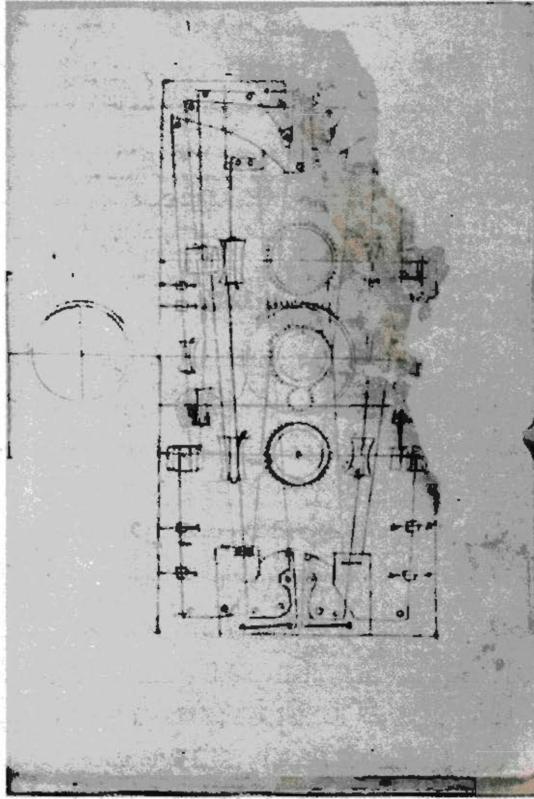
أما الآلية الأخرى فهي مبينة على الشكل رقم (٢٢ ـ ١٥ب). وفي هذه الآلية يوجد كرسي (b) صمام مخروطي، وهو مثبت بواسطة اللحام في طرف الأنبوب (a). كما أن سدادة الصمام (c) مثبتة بواسطة اللحام في طرف عصا عمودية، أما الطرف الآخر للعصا فهو مثبت أيضاً باللحام على العوامة (f). وفوق هذه العوامة، وكجزء متمم لها، يوجد خزان صغير (d) له فتحة (e) في أسفل أحد جوانبه. وتطفو العوامة على سطح الماء الموجود في خزان (g) أكبر من الأول. وتعمل الآلية على الشكل التالي: ينسكب الماء في الخزان (a) ويسيل من خلال الصمام إلى الخزان (d). فيمنع ثقل السائل الموجود في الخزان (d) عصا الصمام من الأرتفاع

ويوقفها، بحيث يبقى هذا الصمام مفتوحاً. وعندما يتوقف صب الماء، يفرغ الخزان (d) من الماء الذي يسيل إلى الخزان (g) من خلال الثقب (e)، فترتفع العوامة وينغلق الصمام، عندئذ يتوقف تماماً انسكاب الماء عبر الصمام. ولم يرد ذكر الصمامات المخروطية في أعمال فيلون وهيرون. وفي الواقع، لم يعرف سوى استخدام واحد لهذا الجهاز قبل أن تتم الإشارة إليه في مؤلف بني موسى. فقد كانت هذه الصمامات تصنع بصب السدادة والكرسي معاً في قالب واحد، وكانت المادة المستخدمة بشكل دائم تقريباً هي البرونز. وبعد ذلك كان يتم صقل السدادة والكرسي بمسحوق السنباذج، لكي يتم ضبطهما معاً بإحكام.

هناك، إذاً، سمة مميزة لعمل بني موسى، تتمثل في الثقة التي يولونها لاستخدام الصمامات المخروطية، معتبرين إياها كجزء مكمل للأنظمة الهيدرولية. وبشكل أعم، يظهر بنو موسى تضلعاً تجريبياً مدهشاً في استخدام تغيرات بسيطة في الضغط الهيدروستاسي والأيروستاستي، من أجل إنتاج أعمال متنوعة. ومع أن مؤلفهم كان معروفاً في العالم الإسلامي إبان قرون عديدة، لكن أياً من خلفائهم لم يحاول أن يضاهيهم. فقد أوصلوا فنهم إلى أرفع مستوى بالنسبة إلى المواد والتقنيات التي كانت بتصرفهم آنذاك، ولم يتم إنجاز أي عمل مشابه لعملهم إلى حين إدخال الآلات العاملة بالهواء المضغوط في العصر الحديث (إن العلاقة بين هذين النظامين هي بالطبع ضئيلة الاحتمال). وقد نتساءل لماذا يظهر بعضهم هذا القدر من البراعة من أجل الحصول على نتيجة عادية جداً. لا يوجد جواب بسيط عن مثل هذا التساؤل، لكننا نستطيع التشديد على أن الإخوة الثلاثة كانوا علماء مشهورين وفي الوقت نفسه تقنيين بارزين عهدت إليهم أعمال مهمة في بناء منشآت عامة في العراق. وربما كانت الآليات البارعة بالنسبة إليهم نوعاً من اللهو ووسيلة لتسلية الخليفة وصحبه، إذ لا يندر أن نرى رجالاً ذوي عقل علمي يتعمقون في دراسة مواضيع معينة إلى أبعد حد ممكن، دون أن يعيروا اهتماماً كبيراً لأغراض واقعية.

هناك مؤلف مهم للغاية كتبه المدعو المرادي في إسبانيا في القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد. وللأسف، فإن المخطوطة الوحيدة المعروفة قد أصابها التلف إلى درجة يستحيل معها بدقة استنتاج طريقة صناعة الآلات التي ورد وصفها. إن أغلب الآليات موضوع البحث كانت ساعات مائية، لكن أول خمس منها كانت أجهزة آلية كبيرة تتضمن عناصر مختلفة. وعلى سبيل المثال، فقد كان يتم تشغيل كل واحد من الأجهزة الآلية بواسطة عجلة مائية كبيرة الحجم، وكانت هذه الطريقة مستخدمة في الصين في العصر نفسه من أجل تشغيل الساعات المائية الضخمة وكانت الأجهزة الآلية من الطراز المألوف المستخدم في الساعات المائية، وهو يتضمن على سبيل المثال سلسلة أبواب موضوعة على صف واحد، تنفتح بفواصل زمنية منتظمة من أجل إظهار التماثيل الصغيرة. وتشير النصوص في آن معاً إلى آليات بترس قطاعي وأخرى بترس دويري فوقي. وفي الأولى منها، لإحدى عجلات نظام التسنن أسنان على جزء من محيطها، وبذلك تسمح هذه الآلية بنقل متقطع للطاقة. ومع أن الرسوم غير مفهومة في بعض جوانبها، لكنها تظهر جيداً سلسلة آليات تتضمن نموذجين

من نماذج التسنن هذه. وقد رأينا الكثير من الآليات البسيطة في الطواحين المائية وفي ماكنات رفع الماء، كما نعرف أن آليات أكثر تعقيداً كانت مستخدمة عند اليونانيين في آلات فلكية معدة خصوصاً للعمليات اليدوية. إلا أن الآلية التي نتحدث عنها هي أول نموذج لآلية مركبة تستخدم لنقل مزدوجة التواء كبيرة. كما أن ما ورد عنها في مؤلف المرادي يعتبر الوصف الأول الذي نملكه لآليات بترس قطاعي ولآليات بترس دويري فوقي. أما الآليات المعقدة المخصصة لنقل مزدوجات مرتفعة، فقد ظهرت للمرة الأولى في أوروبا في ساعة فلكية صنعها جيوڤاني دو دوندي (Geovani de Dondi) حوالى العام ١٣٦٥م.



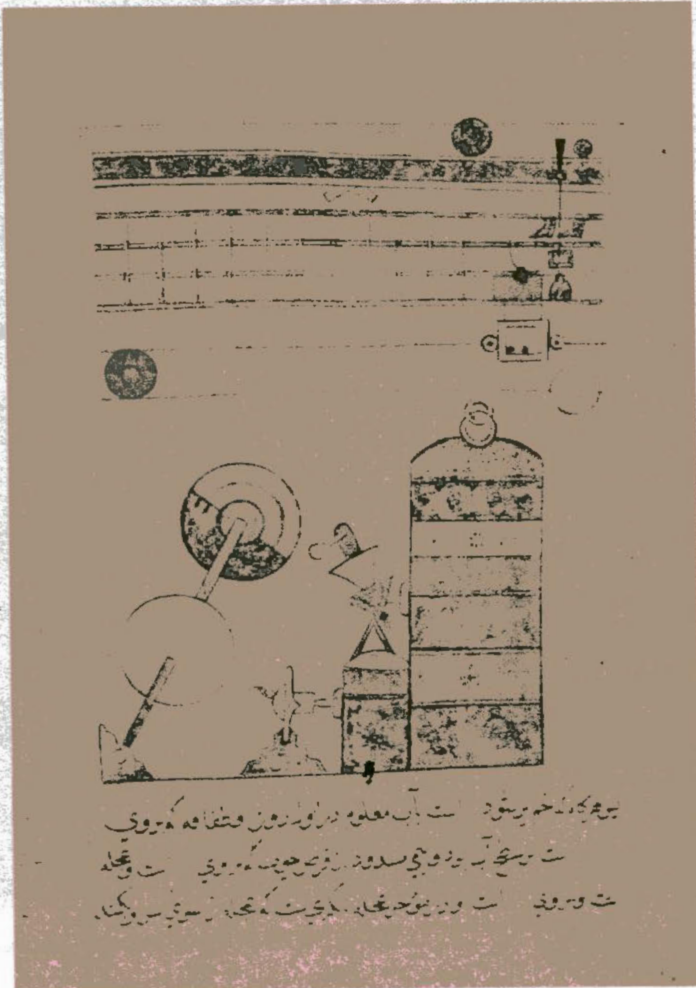
الصورة رقم (٢٢ ـ ٥)

ابن خلف المرادي، **كتاب الأسرار في نتائج الأفكار**

(فلورانس، مخطوطة مكتبة لورانسيانا، ١٤٢).

لم يكتب اسم المؤلف بالكامل في المخطوطة ولذلك لم يتم تحديده تماماً، ولكننا نعرف بالتأكيد أنه أندلسي من القرن الخامس الهجري/ الحادي عشر الميلادي. هذا الكتاب من أهم كتب الحيل ويتضمن ٣١ جهازاً من بينهم ١٩ ساعة، يصف المؤلف ساعات مائية وكذلك ساعات زئبقية، وكانت كل هذه الساعات تحتوي على تماثيل آلية تشير لمرور الساعات.

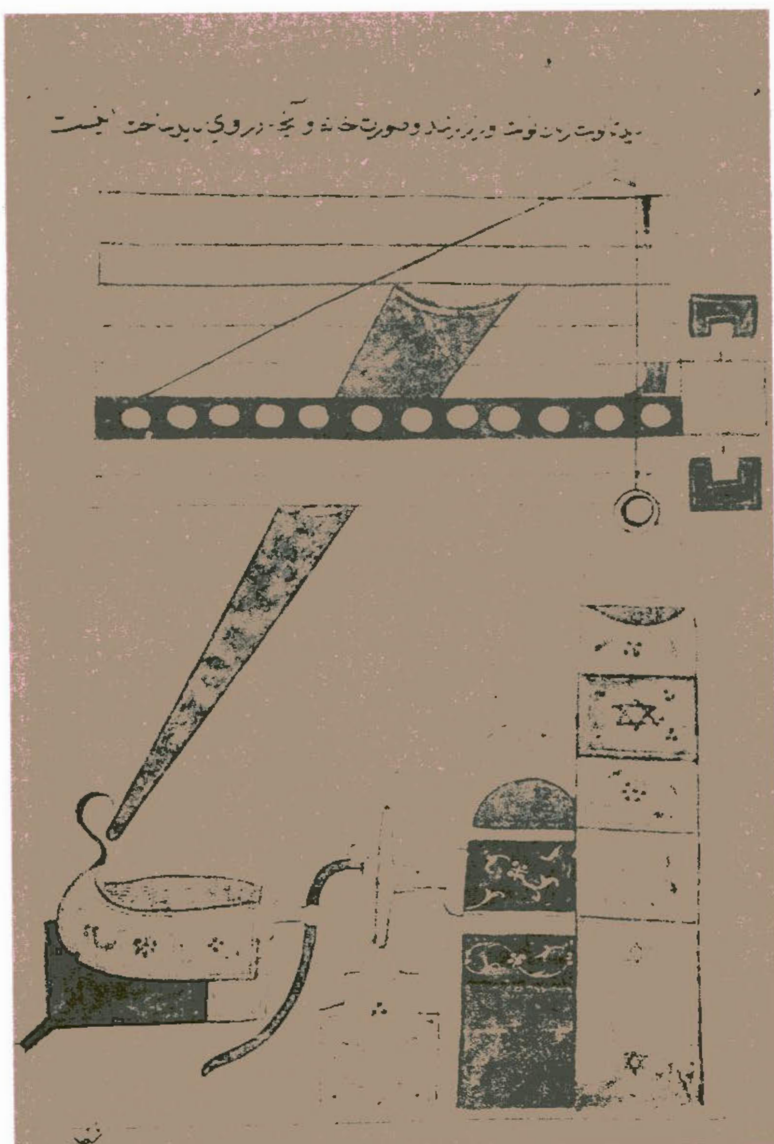
أنجز الجزري عمله الرائع عن الآلات في ديار بكر في العام ٦٠٢هـ/١٢٠٦م. إن هذا العمل هو الأبرز من بين الوثائق التكنولوجية التي وصلت إلينا على امتداد العصور



الصورة رقم (٢٢ ـ ٦)

الجزري، كتاب الحيل في الفنون الغريبة، ترجمة فارسية (طهران، مخطوطة سبهسلار، ٧٠٨).

نجد في هذه الصورة الجزء الأساسي من ساعة مائية.



الصورة رقم (٢٢ ـ ٧)

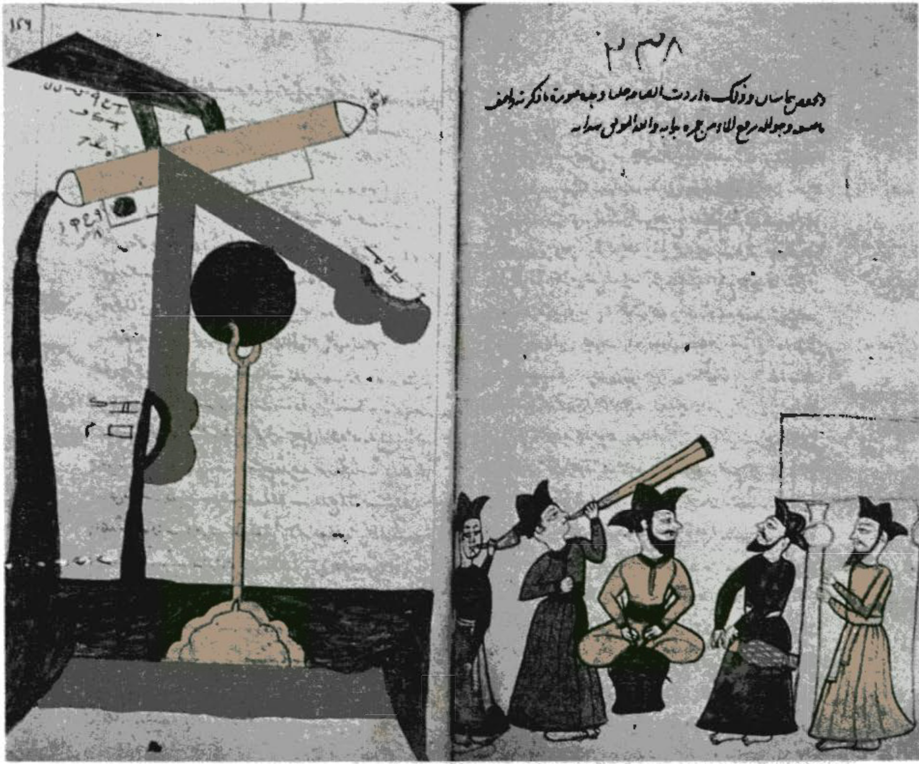
الجزري، كتاب الحيل في الفنون الغريبة، ترجمة فارسية

(طهران، مخطوطة سبهسلار، ٧٠٨).

نرى في هذه الصورة الجزء الأساسي من ساعة مائية ينقل الحركة لكل ما تبقى.

الثقافية جمعيها وصولاً إلى عصر النهضة. وهو فريد من وجهة نظر معينة، فقد تم وضعه بناء لطلب مولى الجزري، لكي يتسنى نقل وصف هذه الآليات السريعة العطب إلى الأجيال المقبلة، وذلك لأجل طويل بعد أن تختفي الآليات هذه. إن كل فصل من الخمسين فصلاً التي تؤلف الكتاب يتضمن، بالإضافة إلى النص والرسوم، تعليمات دقيقة مخصصة للصناعة في المستقبل، لكي يتسنى صنع الماكنات موضوع البحث لاحقاً على يد حرفيين، وذلك وفقاً لغايات المؤلف. ونحن نعلم أنه وفق في مسعاه، لأن العديد من آلياته، بما فيها ساعة مائية ضخمة، قد تم صنعها على يد حرفيين معاصرين يعملون وفق تعليماته. في حين أن أعمال غيره من الكتاب غالباً ما تصف طريقة عمل ماكنات مماثلة، دون أن تقدم سوى وصف بياني غير كاف لطريقة العمل هذه. وفي الكثير من الحالات، فإن السبب يرجع إلى أن هؤلاء الكتاب لم يكونوا حرفيين قادرين على صناعة مثل هذه الآليات، أو أنهم كانوا فعلاً حرفيين، لكنهم كانوا يفضلون الاحتفاظ لأنفسهم بسر صناعتهم. ولا بد أن نشير في هذا المجال إلى أن العديد من الحرفيين كانوا أميين، وبذلك غير قادرين على إيصال معارفهم كتابة.

كان الجزري تقنياً له مأثرة متابعة تقليد طويل من التكنولوجيا الميكانيكية، ويمكن اعتبار مؤلفه كموجز وقمة للإنجازات الإسلامية في هذا الميدان. ونستطيع التأكيد أنه اهتم بأغلبية الماكنات التي كان يعرفها أسلافه، ما عدا استثناء واحد أو اثنين جديرين بالذكر كسلاسل المسننات الواردة في مؤلف المرادي. كما أدخل في الوقت نفسه ابتكارات خاصة به وتحسينات مهمة على الآليات السابقة. وفي الواقع، فإنه غالباً ما يقر بأهمية التقنيين الذين سبقوه كأرخميدس وبني موسى، وذلك فيما يتعلق بتقنية منفردة أو بطراز معين لماكنة، وهو يصف بدقة التركيب الأصلي، ويخبرنا بعد ذلك كيف توصل إلى تحسينه وتطويره. وعلى سبيل المثال، هناك نموذج معين لمنظم معدل جريان الماء كان مستخدماً في الساعات المائية على يد تقنيين هلينستيين ومسلمين. وقد وجد الجزري بالتجربة أنه لم يكن ملائماً، ووصف لنا الطريقة التي اخترع بها آلة جديدة أكثر ملاءمة بواسطة معايرة ثقب صغير بهدف الحصول على معدلات جريان مضبوطة بالنسبة إلى ارتفاعات مختلفة للماء.



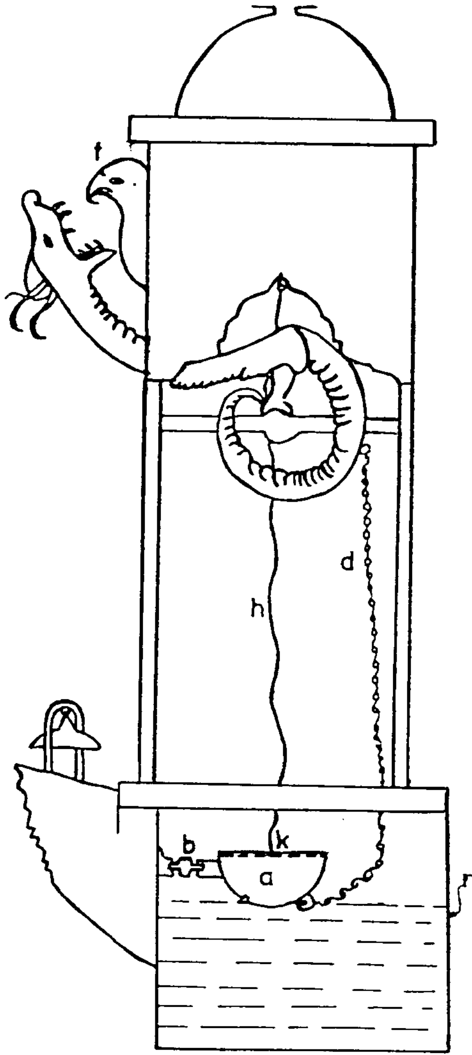
الصورة رقم (٢٢ ــ ٨)

الجزري، كتاب في معرفة الحيل الهندسية (مخطوطة رامبور، ٣٦٩٠).

الجزري، هو أهم مؤلف عربي في الحيل، وعالج من بين ما عالجه مسألة الري. ونرى هنا نظاماً يحركه نظام مائي.

ويكفي تقديم مثال واحد لإعطاء فكرة عن طرقه وعن صنف الآليات التي كان يصنعها. والمثال هذا عبارة عن ماكنة مائية، حيث إن بعض الآليات التي جمعت فيها قد صدرت من ساعتيه المائيتين الثالثة والرابعة. ويتم تشغيل هاتين الساعتين بواسطة حوض يمكن غمره بالماء ويسمى «ترجهار»، وهو عبارة عن آلية كان استخدامها شائعاً آنذاك من أجل حساب مدة الري عند المزارعين. إن هاتين الساعتين هما المثال الوحيد الذي نملكه عن تكييف «ترجهار» من أجل حساب الوقت، ويبدو أن هذا النظام قد اخترعه الجزري.

ويستحيل وصف كل واحدة من الساعتين بالتفصيل، لأنه يوجد عدد كبير من أنظمة التشغيل الآلي العاملة بفضل آليات هي في الحقيقة على درجة عالية من البراعة. ويبين الشكل رقم (٢٢ ـ ١٦) المبدأ الأساسي لهذه الماكنة. وهي تتضمن حوضاً (a) له ثقب معاير في جانبه الأسفل ويرتكز على سطح الماء في الخزان (n)، والحوض مربوط مع الخزان بواسطة ثلاثة رباطات تملك شكل دبابيس (b). وتوجد عصا مثبتة باللحام عرضاً على امتداد قطر الحوض، وتملك ثقباً (k) في وسطها. وفي رأس الساعة المحمولة على أربعة أعمدة يوجد «القصر»، وهو عبارة عن علبة برونزية مربعة تتضمن قبة يمكن فصلها. وفي داخل القصر توجد آلية للإطلاق غير مبينة على الشكل، ومنها تخرج قناة تصل إلى رأس (f) العصفور. أما ذنب الحية، الذي هو في الواقع بكرة، فإنه يدور على محور يرتكز على قطعات مستعرضة، مثبتة بين كل زوجين من الأعمدة. ويقع فم الحية المفتوح تحت رأس العصفور تماماً. وتربط سلسلة خفيفة (d) الجزء



الشكل رقم (٢٢ ـ ١٦)

الأسفل من الحوض مع كلابة موجودة في ذنب الحية. وهناك سلك نحاسي (h) مربوط بالثقب (k) وبآلية الإطلاق. في بداية الفترة الزمنية الإيقاعية، وهي ساعة أو نصف ساعة، يكون الحوض الفارغ على سطح الماء. ويغوص ببطء، قبل أن يغطس فجأة في نهاية الفترة الزمنية. عندئذ يطلق السلك (h) الآلية، وتأتي كرة إلى فم العصفور، ثم تذهب من منقاره إلى فم الحية. فينخفض رأس الحية، وترفع السلسلة (d) الحوض الذي ينحرف بفضل الفعل المركب للسلسلة وللرابط (b)، ويفرغ الماء الذي يحتويه. وتقع الكرة من فم الحية وصولاً إلى

صنج، فيرتفع رأس الحية ليعود إلى وضعه الأول. ومن جديد يكون الحوض الفارغ أفقياً على سطح الماء، وتبدأ الدورة مرة أخرى إلى ما لا نهاية. يوجد في هذه الماكنة، إذاً، نظام بحلقة مغلقة، إذ إن الساعة تستمر بالعمل طالما بقيت هنالك كرات يمكن استخدامها لتشغيل هذه الماكنة. إن مفهوم العملية المتواصلة يظهر في موضع آخر في أعمال الجزري. وعلى سبيل المثال في ساعته الأولى، حيث ان ضغط الماء فوق الفتحة يبقى ثابتاً بواسطة نظام تحكم هيدرولي.

ولقد ظهر عدد من الأفكار والتقنيات للمرة الأولى في أعمال الجزري. وهي تتضمن مضخة مزدوجة الفعل مع أنابيب إدخال، وتتضمن أيضاً استخدام مقبض إدارة في ماكنة (وقد أشرنا إليهما سابقاً). كما أن المعايرة الملائمة للثقوب، وتوريق خشب البناء بهدف التخفيف من الانفتال والانتفاخ، والموازنة السكونية للعجلات هي أيضاً ابتكارات للجزري. بالإضافة إلى أن استخدام نماذج ورقية لإعداد المشاريع، وصب المعادن في قوالب من رمل طبيعي يشكلان أيضاً جزءاً من نتائجه الجديدة. كما نملك إشارة إلى معرفته بطريقة تحكم بسرعة دوران عجلة بواسطة الانفلات، ويتوضح هذا الأمر عندما نتفحص وصف ساعة في مؤلف إسباني عائد إلى العام ١٢٧٧م، حيث ان جميع الفصول الواردة فيه هي ترجمات أو شروحات لنصوص كتاب عرب سابقين. وتتألف الساعة من برميل كبير من خشب الجوز أو العناب، مركب بشكل متين ومغلف بشمع العسل أو بالصمغ. والجزء الداخلي من هذا البرميل مقسم إلى اثنتي عشرة حجرة مجهزة فيما بينها بثقوب صغيرة يمر الزئبق عبرها. وينبغي أن تكون كمية الزئبق المستخدمة كافية لملء الحجرات حتى منتصفها. والبرميل مركب على المحور نفسه العائد لعجلة كبيرة يتم تشغيلها بواسطة آلية لنقل الحركة. وهكذا نجد على المحور مسننة تتضمن ستة أسنان تنشبك مع ٣٦ سناً من خشب السنديان، والأسنان هذه موجودة على حرف قرص الأسطرلاب. ويقوم البرميل والمسننة بدورة كاملة في أربع ساعات ويقوم ميناء الأسطرلاب بهذه الدورة في ٢٤ ساعة. إن الساعات المصنوعة وفق هذا المبدأ كانت معروفة بأنها تعمل بشكل واف بالغرض، إذ إن الكثير منها كان لا يزال يصنع في أوروبا خلال القرن السابع عشر وحتى خلال القرن الثامن عشر. في حين أن هذا النموذج لآلة حاسبة للوقت كان قد عرفه العرب منذ القرن الخامس للهجرة/الحادي عشر للميلاد، على الأقل قبل مئتي سنة من أول ظهور في أوروبا للساعات العاملة بفعل الوزن المحرك.

لقد رأينا أن مجموعة كبيرة من الماكنات والتقنيات والآليات ومختلف الأجزاء المركبة كانت في متناول يد التقنيين العرب. وبالتوازي مع تطور التكنولوجيا الميكانيكية، وبالقدر نفسه من الأهمية، نجد عند بعض التقنيين أمثال بني موسى والجزري اهتماماً بإعداد طرق متقنة من أجل تحكم آلي بالحركة، على اعتبار أن العنصر الرئيس في أية ماكنة يتحدد بالتحكم باستهلاك الطاقة. إلا أننا لا نملك، خارج إطار الآلات الفلكية، أي دليل قاطع

على انتقال هذا النموذج من المعرفة إلى أوروبا. غير أنه يبدو بعيد الاحتمال للغاية أن تكون الأعمال العربية الأصيلة جميعها، والتي وجدت مرة أخرى لاحقاً في أوروبا انطلاقاً من بداية العصر الوسيط، قد تم اختراعها من جديد في أوروبا. علينا، إذاً، أن نأمل أن تتمكن أبحاث لاحقة من تحديد بعض الطرق التي من خلالها استطاعت هذه المعرفة أن تنتشر انطلاقاً من الوطن العربي. وعلى الرغم من هذا الانعدام في الوضوح، فإنه باستطاعتنا بالنسبة إلى حالة معينة أن نحاول بناء نظرية قريبة من الحقيقة عن انتشار مثل هذا النموذج من المعرفة، ونقصد بهذه الحالة اختراع الساعة الميكانيكية.

إن اختراع الساعة الميكانيكية هو أحد الأحداث الأكثر دلالة في تاريخ التكنولوجيا. فقد كانت أول آلية تستخدم قوة الجاذبية بصفتها طاقة محركة مع التحكم بها، كما تتضمن عدداً من المفاهيم والأفكار المهمة لتطور تصميم الماكنات. وتتمثل الآلية الأساسية للساعة في الانفلات الميكانيكي الذي يتحكم بسرعة هبوط ثقل ما. وباستثناء هذه الآلية، فإن جميع عناصر الساعات الميكانيكية الأولى قد ظهرت في الساعات المائية الضخمة التي كانت موجودة سابقاً في العالم العربي، ونذكر من هذه العناصر: التشبيك المركب، ومجموعة آليات ذاتية الحركة، والتحريك بواسطة الوزن. نشير أيضاً إلى أن مفهوم الانفلات قد وجد مرة أخرى في ساعات الزئبق وفي أنظمة التحكم الهيدرولية المستخدمة لإنزال عوامات ثقيلة الوزن بسرعة خفيفة ومنتظمة. ونعرف أن مسيحيي إسبانيا قد ألموا بالساعات المائية العربية ليس فقط من خلال الترجمات إلى الإسبانية أو اللاتينية للأعمال العربية، بل أيضاً من خلال تفحص الساعات الموجودة. ونذكر منها، على سبيل المثال، ساعتين مائيتين ضخمتين صنعهما الفلكي الزرقالي في طليطلة على ضفاف نهر تاجه، هذا وقد كانت الساعتان تعملان عندما دخل المسيحيون إلى المدينة في العام ١٠٨٥م. ولا يمكن استبعاد احتمالات أخرى لانتقال هذه المعرفة في مناطق مختلفة، ولا سيما في سوريا إبان الاحتلال الصليبي. إلا أن أغلب الظن أن تكون إسبانيا المنطقة المرجحة لهذا النوع من الانتقال.

إن كل ما ذكرناه يكتمل بعنصرين من المعلومات يتعلقان بصناعة الساعات في أوروبا. فمن جهة أولى، حصل في القرن الخامس للهجرة/الحادي عشر للميلاد تطور ظاهر في تقنية قياس الوقت بالطرق الهيدرولية، وذلك بالتوازي مع توسع انتشار التقنيات الجديدة؛ ومن جهة ثانية، نملك مؤلفاً وضعه روبرتوس أنجيليكوس (Robertus Angelicus) في العام ١٢٧١م، يذكر فيه أن صناع الساعات ـ أي الساعات المائية كانوا يحاولون حل مسألة الانفلات الميكانيكي، وكانوا قد توصلوا تقريباً إلى غرضهم. نذكر أن أول انفلات حقيقي قد ظهر في الواقع لاحقاً بعد بضع سنوات.

إن هذه السلسلة من البراهين، وإن كانت غير مباشرة، تظهر بوضوح أنه كان هناك تأثير عربي على اختراع الساعات الميكانيكية. ونستطيع أن نأمل، مع تقدم البحث، أن

براهين أكثر إقناعاً سيتم إيجادها لتأكيد انتقال تكنولوجيا الدقة العربية إلى أوروبا(٢٥).

(٢٥) إن أغلبية المعلومات عن الهندسة المدنية الإسلامية باستثناء تلك المعلومات المتضمنة في المؤلفات العربية الرئيسة، موجودة بشكل مبعثر في أعمال الجغرافيين والرحالة والمؤرخين المسلمين. من أجل الاطلاع المفصل على هذه المقالات، انظر: Donald Routledge Hill: *Arabic Water-clocks,* Sources and Studies in the History of Arabic - Islamic Science, History of Technology Series; 4 (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1981), and *A History of Engineering in Classical and Medieval Times* (London: Croom Helm; La Salle, Ill.: Open Court Pub. Co., 1984); انظر أيضاً: محمد بن موسى بن شاكر، **كتاب الحيل**، نشرة نقدية للنص العربي من قبل أحمد يوسف الحسن بالتعاون مع محمد علي خياطة ومصطفى تعمري، مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة تاريخ التكنولوجية؛ ٣ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١)؛ بالنسبة إلى الترجمة الإنكليزية، انظر: Mohammed Ibn Mūsā Ibn Shākir, *The Banū (Sons of) Mūsā Ibn Shākir: The Book of Ingenious Devices (Kitāb al-ḥiyal),* translated by Donald Routledge Hill (Dordrecht; Boston; London: Reidel Publishing Company, 1979).

انظر أيضاً: Robert James Forbes, *Studies in Ancient Technology,* 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1955 - 1964), 2nd ed., vol. 1 (1964), and vol. 2 (1965); Thomas F. Glick, *Irrigation and Society in Medieval Valencia* (Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1970); Henri Goblot, *Les Qanats: Une technique d'acquisition de l'eau,* industrie et artisanat; 9 (Paris; New York: Mouton, 1979); Ahmad Youssef al - Hassan and Donald Routledge Hill, *A Short History of Islamic Technology* (Cambridge: Cambridge University Press; UNESCO, [Under Press]);

أحمد يوسف الحسن، **تقي الدين والهندسة الميكانيكية العربية: مع كتاب الطرق السنية في الآلات الروحانية: من القرن السادس عشر** (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٧٦). بالإضافة إلى ذلك، انظر: Abū al-Izz Ismail Ibn al-Razzaz al-Jazarī: *A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts,* critical edition by Ahmad Y. al-Hasan (Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979); english translation: *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices,* translated with notes by Donald Routledge Hill (Dordrecht; Boston: Reidel, Publishing Company, 1974); Guy Le Strange: *Baghdad during the Abbassid Caliphate from Contemporary Arabic and Persian Sources* (Oxford: Clarendon Press, 1900), and *The Lands of the Eastern Caliphate: Mesopotamia, Persia, and Central Asia from the Moslem Conquest to the Time of Timur* (London: Frank Cass, 1905); 2nd ed. (Michigan: Ann Arbor, 1966); Joseph Needham, ed., *Science and Civilisation in China,* with the research assistance of Wang Ling, 6 vols. in 12 (Cambridge, [Eng.]: Cambridge University Press, 1954 - 1986); Thorkild Schioler, *Roman and Islamic Water - lifting Wheels,* translated from danish by Pauline M. Katborg, Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 28 (Odense: Odense Universitetsforlag, 1973); Charles Joseph Singer [et al.], eds., *A History of Technology,* 13 vols. (Oxford: Clarendon Press, 1954 - 1984), reprinted (1979); N. A. F. Smith: *A History of Dams* (London: Peter Davies, 1971), and *Man and Water* (London: Peter Davies, 1975); Eilhard E. Wiedemann, *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte,* Collectanea; VI, 2 vols. (Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970), and Hans E. Wulff, *The Traditional Crafts of Persia: Their Development, Technology and Influence on Eastern and Western Civilizations* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1966), reprinted (1976).

ـ ٢٣ ـ

الجغـــرافيـــا

أندريه ميكال(*)

يتمحور تاريخ الجغرافيا العربية حول حدثين أساسيين: قيام الخلافة العباسية في بغداد أواسط القرن الثاني للهجرة/ الثامن ميلادي، وبروز الأتراك القوي على مسرح العالم الإسلامي بعد هذا التاريخ بأربعة قرون. لكن، وقبل أن نبدأ دراستنا هذه، لا بد من طرح السؤال التالي: ما العلوم التي تندرج تحت تسمية «الجغرافيا»؟ لا تنطبق هذه التسمية قطعاً

(*) كوليج دو فرانس (Collège de France) ـ باريس.

قام بترجمة هذا الفصل جوزف إليان.

حول مراجع هذا الفصل، هناك أطروحة دكتوراه دولة عن الجغرافيا العربية ابتداءً من القرن الحادي عشر للميلاد كتبها س. مغيربي (جامعة باريس الثالثة، ١٩٨٦)، وهي قيد الطباعة في تونس. حول الجغرافيا قبل العام الألف، انظر: André Miquel, *La Géographie humaine du monde musulman jusqu'au milieu du XI^e siècle: Les Travaux et les jours*, civilisations et sociétés; 7, 37, 4 vols. (Paris; La Haye: Mouton et Co., 1967-).

انظر أيضاً Ignatii IUlianovich Krachkovskii, *Arabskaya Geografitcheskaya Literatura* (Moscou: [n. pb.], 1955 - 1960);

بالنسبة إلى الترجمة العربية، انظر: أغناطيوس يوليانوفيتش كراتشكوفسكي، **تاريخ الأدب الجغرافي العربي**، نقله إلى اللغة العربية صلاح الدين عثمان هاشم؛ قام بمراجعته ايغور بليايف؛ اختارته الإدارة الثقافية في جامعة الدول العربية، ٢ ج (القاهرة: لجنة التأليف والترجمة والنشر، ١٩٦٣ ـ ١٩٦٥)؛ S. Maqbul Ahmad, «Djughrāfiyā,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, 6 vols. parus, 2^ème^ éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960), vol. 2, pp. 599 - 602;

وحول المؤلفين، انظر المقالات في الموسوعة المذكورة؛ بالنسبة إلى رسم الخرائط، انظر:

S. Maqbul Ahmad, «Kharīta,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, vol. 4, pp. 1109 - 1114, et André Miquel, «Cartographes arabes,» dans: *Cartes et figures de la terre* (Paris: [s. n.], 1980), pp. 55-60.

على ما يضمه هذا العلم في الوقت الحاضر. فالمفهوم العربي لهذا العلم، كما هو بالنسبة إلى القرون الوسطى عامة، لا يقل تنوعاً وشمولاً عما هو عليه اليوم. وبشكل عام، فإن ما وصل إلينا من أبحاث وتآليف يندرج تحت التحديد الاشتقاقي لمصدر الكلمة اليونانية «جغرافيا»: وصف الأرض.

ونبدأ بالحدث الأول، فقد شكلت بغداد، إبان الخلافة العباسية، بؤرة تلاق لمختلف التأثيرات العربية الإسلامية وما قبل الإسلامية والفارسية والهندية وأخيراً الإغريقية، من خلال الترجمات المباشرة إلى اللغة العربية أو عن طريق الترجمات السريانية. قد ازدهرت حركة نقل ضخمة للحضارات خصوصاً في عهد الخليفة المأمون (٨١٣ ـ ٨٣٣م) وتبوأت فيها الترجمات الجغرافية مركزاً مرموقاً. كان بطلميوس يهيمن على هذا العلم لدى اليونان، وبرز عند العرب محمد بن موسى الخوارزمي، الذي جمع الإرث الإغريقي والإرث الهندي. وأطلق على هذا العلم اسم «الجغرافيا» وهو نقل للتسمية اليونانية. وقد تناول هذا العلم خصوصاً رسم الخرائط إنْ لجهة تمثيل الأرض أو لجهة رسم قبة الفلك، وهذه الأخيرة كانت لا تزال وثيقة الارتباط بعلم الفلك. وسرعان ما اتسم هذا العلم بطابع العالم الجديد المولود من الإسلام ومن بغداد. فالخريطة التي وضعها بطلميوس تناولها التصحيح والإكمال، خصوصاً بالنسبة إلى المناطق التي لم يعرفها الإغريق جيداً، والتي أصبحت جزءاً من العالم الإسلامي.

وهكذا خطت ريشة أوائل الجغرافيين العرب بدءاً بالخوارزمي ما سمي بصورة الأرض، وهي الشكل الجديد للإرث الجغرافي. وقد تمثل العالم في هذه الأعمال على شكل كرة تنقسم من نصفها الشمالي إلى سبعة نطاقات طولية ابتداءً من خط الاستواء، ودعيت الأقاليم، طبقاً لأصلها اليوناني «كليما» (Klima)، وقد تمت مراجعتها وتصحيحها تبعاً لمعرفة المعطيات الجديدة عن العالم. فأثبتت وفق خط الطول وخط العرض مواقع السلاسل الجبلية الرئيسة والأنهر والبحار أو المدن. وفي الفترة نفسها تقريباً، نشأ ما يمكن تسميته جغرافية العمال (الموظفين) وهي مرتبطة أيضاً بقيام الخلافة في بغداد. نذكر في هذا المجال أهم جغرافيي هذه المرحلة ابن خرداذبه، الذي وضع أول مصنف عام ٢٣٢هـ/ ٨٤٦م. وهو كتاب **المسالك والممالك** الذي يشير عنوانه إلى أهداف أكثر شمولاً. وابن خرداذبه هو أكثر الجغرافيين تمثيلاً لهذه الحقبة ولما طرأ عليها من تجديد. وهو من أصل ايراني، كتب باللغة العربية، وكان ينتمي إلى الجهاز الإداري، وتحديداً إلى إحدى أهم المصالح في الآلة الإدارية المركزية ألا وهي مصلحة «البريد»، وهي الجهاز الذي ينظم المراسلات ويجمع المعلومات، واختصاراً هي الجهاز الذي يؤمن الصلة بين بغداد والولايات المختلفة التي تقع تحت سلطتها.

لقد سيطرت في تلك الفترة ثلاث ضرورات على الجغرافيا، إنها ثلاثة مواضيع تشكل أهمية قصوى للسلطة المركزية، وهي الضرائب، والحالة السائدة على الحدود، والطرق والمسافات ومحطات الاتصال. لذا يشمل مصنف ابن خرداذبه وصفاً لبعض البلدان المجاورة للدولة العباسية كما يضيف إلى المعارف الجغرافية معطيات ملموسة تصف حالة مختلف بلاد

الإسلام إن لجهة دقة مواقعها أو لجهة ثرواتها. لكن تبرز في هذا المصنف أهداف أخرى أكثر شمولاً وفق اتجاهين اثنين: فمن جهة ينصب الجهد على عدم قطع العالم الإسلامي عما يحيط به من عوالم ومن خلال هذا المسار يتطرق الكتاب إلى بعض المعطيات الجوهرية المأخوذة من **صورة الأرض**، ومن جهة أخرى يتناول البحث مواضيع كانت تعتبر مرتكزاً للثقافة العامة، أي أدب «الإنسان الشريف» في ذلك الوقت، ويشمل معرفة أخبار ملوك الأرض، أمجاد روما، عجائب الدنيا، الشعب الأسطوري، يأجوج ومأجوج... ويبدو تطور الكتاب في هذا الاتجاه واضحاً بين النسخة الأولى والثانية التي كتبت بعد أربعين عاماً من الأولى. فمن البديهي أن يصبح الكتاب مطابقاً للعصر، يتكيف مع روح الزمن الذي يحمل مواضيع أخرى ورغبات جديدة. فما هي هذه المواضيع والرغبات؟ إنها روايات الرحلات وهي تتألف من مجموعة نصوص، ضاع أغلبها مع الأسف وحفظ بعضها الآخر في أعمال عديدة بشكل شذرات أو أصداء تنقل إلينا بعض المغامرات المشوقة لمغامرين جسورين أو لموظفين أرسلوا من أجل جمع المعلومات خارج حدود العالم الإسلامي: نحو القسطنطينية وأقاصي آسيا الوسطى وحتى إلى شمالي أوروبا (نورمنديا وجوتلاند). وشكلت المغامرات البحرية التشويق الأقصى: إنه البحر العظيم الذي يحمل التجار إلى أقاصي الشرق، وهو الذي أوحى بالمصنف المجهول المؤلف **علاقة الصين والهند**، حيث تترافق روايات البحارة مع المعلومات الدقيقة والمهمة عن البلاد التي يزورونها. هذا الأثر الروائي تم استغلاله إلى أبعد الحدود وبشكل تراكمي ومتطور حتى الإدهاش، والمثل الأكثر دلالة على ذلك قصص السندباد البحري في **ألف ليلة وليلة**.

طبعاً قد يقال بأننا هنا بعيدون عما يعنيه علم الجغرافيا، وهذا لا يمكن إنكاره، ولكن لو تكلمنا عن الجغرافيا لا بمصطلحات علم، بل إذا اعتبرنا المعرفة بالمعنى الحصري، فإنه لا يمكن إنكار الإسهام الكبير الذي تقدمه هذه النصوص، بعد أن نزيل منها عناصر الإدهاش، من أجل معرفة أفضل عن الأرض. فبعد أربعين سنة على النسخة الثانية لمؤلف ابن خرداذبه جاء ابن فضلان، أحد أعضاء بعثة الخليفة، وترك لنا رواية مميزة عن سفره إلى بلاد شعوب ما قبل البلغار الذين كانوا يقيمون عند ملتقى نهري الڤولغا والكاما. ونشير إلى أسباب أخرى لا تلزمنا رفض هذه النصوص بحجة أنها لا تلتزم بمفهوم الجغرافيا المحدد، فالأسفار في حد ذاتها قد اعتمدت كمصدر أساسي للمعلومات، ومتممة لها، وقد تجاوزت المعرفة الموجودة في الكتب. ولنا عودة إلى هذا الموضوع. سبب أخير يدفعنا للاهتمام بأخبار الرحلات والمغامرات هو امتزاج المعلومات التي تقدمها بالمخزون الأدبي العام، والجغرافيا الحقيقية أو على الأقل أحد أشكالها يستلهم هذا الأدب.

ولا بد هنا من تحديد مفهوم «الأدب»، فهو مزيج من الذهنية والمنهج والسمة، فهو يفرض على «الرجل الشريف» ضرورة المعرفة الواسعة وغير المتخصصة، المنقولة في أعمال تمزج الجدي والمريح، وتسمح للناهل إذا أراد، التعلم دون شديد عناء. وكما رأينا، فإن حقل المعرفة هذا لا حدود له، فهو يشمل مختلف المجالات وحتى العلم، شرط الاكتفاء

بمفاهيم عامة أو بنقاط تفصيلية تبقى خارج ذهنية ومصطلحات التقنيين. وهكذا تكوكبت حلقات المريدين، انطلاقاً من تمتعهم بمعارف ضرورية، وأطلقت هذه الحلقات نقاشات اتسمت بتبادل المعرفة وتطويرها وأصبحت سمة الانتماء للنخبة الفكرية. إذاً، تجاوز مفهوم الأدب الذهنية أو المنهج أو السمة كي يصبح أيضاً طريقة تعبير، ومستوى معرفياً، ومركزاً اجتماعياً في الوقت نفسه.

أما لجهة علوم الجغرافيا، وهذا ما نحن بصدده، فإن الأدب يمكنه أن يلعب دوراً بأشكال ثلاثة برزت خصوصاً ما بين القرنين التاسع والعاشر للميلاد. إذ إن معطيات الجغرافيا، أو بعضها على الأقل، في كتاب **صورة الأرض** ومعطيات الجغرافيا الإدارية ونصوص الرحلات اندرجت جميعها ضمن موسوعات شكل مضمونها ما يجب على طالب المعرفة أي «الرجل الشريف» الاطلاع عليه. منها على سبيل المثال كتاب **الأعلاق النفيسة** الذي وضعه ابن رسته (٢٩٠هـ/ ٩٠٣م). وفي مواقع أخرى، يظهر الأسلوب الموسوعي، ولكن بشكل مقتضب، كمقدمة لكتاب محدد الهدف ومتخصص، وهذا ما قام به المسعودي في **مروج الذهب** (النصف الأول من القرن العاشر)، حيث تناول قصة العالم منذ بدء الخليقة ووصف الأرض وذكر أهم شعوبها وبعض أشهر الحيوانات والنباتات. وقد ضمن كتابه تاريخ الدين الإسلامي منذ الدعوة حتى زمنه. وإذا كانت المفاهيم الجغرافية تظهر إلى جانب عناصر أخرى عديدة، فالمهم أن هذه المفاهيم تبدو كعنصر ضروري في مجموع مصنفات الأدب. وهذا الأدب، بدوره، يعتبر ملازماً لأي موضوع. وعلى الرغم من مكانة الجغرافيا في سياق التاريخ الثقافي، فإن تناولها بهذا الشكل الآنف الذكر يجعلها ملتصقة التصاقاً وثيقاً بالأدب، لكن التصاقها هذه المرة يجعلها مهيمنة على العمل الأدبي. وفي الحقبة التاريخية نفسها (بين القرنين التاسع والعاشر للميلاد) برز اسم ابن الفقيه الذي وضع كتابه حوالى العام ٢٩٠هـ/ ٩٠٣م). وقد جمع فيه، دون ترتيب واضح، كل ما يلزم من معارف، وإن بشكل غير متناسق، للإنسان المثقف. فقد حوى الكتاب وصف شواهد شهيرة وعجائب عالم الحيوان والنبات ومقتطفات من كتاب **صورة الأرض**، وأمثالاً ومجادلات فلسفية أو سواها، ومداخيل الضرائب على الأراضي (الأموال الأميرية)، ومقتطفات تاريخية إسلامية، وعن بلاد العرب وعن الاسكندر وحكماء اليونان وإيران، وطلاسم أبولونيوس الطياني، والإشارة إلى الشعوب الغريبة وروايات البحارة على الطريق الملكي للتجارة نحو الشرق الأقصى. وقد استقى ابن الفقيه جميع هذه المعارف من قراءاته في الكتب وكأنه بذلك يحافظ على هذه الكتب التي قد يكون مصيرها الضياع.

لكن ما يهمنا فعلاً هو الواقع الجديد الذي يتمثل باسم المؤلف **كتاب البلدان**. وذلك مما له دلالة على التغيرات التي تمت. فللمرة الأولى هيمنت معطيات الجغرافيا على الأدب. وعلى الرغم من عدم تبويب المعلومات وعدم انتظامها، إلا أنها تناولت كل بلد على حدة. فالعمل الموسوعي لم يعد يتطابق مع نوع معين من المعرفة التي تشكل مضمونه، بل أصبحت المعرفة نفسها، أي الجغرافيا هنا، تملي توزع مضمون العمل الموسوعي. فمن هنا نرى أن

البلد يشكل حيز التقاء أكثرية المواضيع، مما يكسبه استقلاله ووحدة موضوعه، وبالتالي، فإن الجغرافيا أو على الأقل نوعاً معيناً منها يكتسب استقلاله بدوره. ولم يعد التنوع قاعدة عامة تخضع جميع المواضيع لقوانينها، بل أصبح التنوع سمة كل بلد من البلدان من خلال الواقع الذي تطور تاريخياً في هذا الشكل أو ذاك واستمر بالتطور حتى الزمن الذي قام الكاتب بإثباته.

مارس ابن الفقيه تأثيراً حاسماً وغير متوقع بالنسبة إلينا. قد لا نجد صدى مباشراً لأعماله في الكتابات التي تلته، فالعمل الذي قام به وهدف إلى إنشاء أدب جغرافي انتهى بوفاته. لذا فإن علم الجغرافيا سيستمر في البحث عن تحديد له بالنسبة إلى الثقافة العامة في ذلك العصر، ولن ينغلق في إطار هذا التحديد باستثناء القواميس الجغرافية، التي سنتناولها لاحقاً. إذاً، فقد طبع ابن الفقيه الأدب الجغرافي بطابعه على الرغم من الانتقادات التي تعرض لها من الذين أتوا بعده، فقد كانوا يلجأون للاستشهاد به، إن لجهة المضمون أو لجهة المنهج، وحتى إلى استعارة مقاطع من كتابه. ذلك أنه في هذا السياق من الأدب ومن النظام الثقافي السائد في ذلك الوقت، لا يمكن إغفال ابن الفقيه لموهبته التي تظهر في مشروعه لوضع نهج في علم الجغرافيا بكل ما في الكلمة من معنى. فقبل ابن الفقيه لم تظهر الجغرافيا كعلم مستقل إلا من خلال كتاب **صورة الأرض** الذي اقتصر الاهتمام به على العلماء نظراً لمضمونه التقني. وقد نظرت إليه مدرسة بغداد كناتج مستورد وغريب. فأصله إغريقي على الرغم من تأقلمه مع البيئة البغدادية ودخول تحسينات كثيرة عليه. أما الباقي فلم يكن إلا جغرافيا ظرفية ترتبط بأعمال بعض الموظفين مثل ابن خرداذبه وخصوصاً قدامة ابن جعفر، الذي كان قيد إعداد كتابه في الفترة نفسها التي وضع فيها ابن الفقيه مؤلفه. فأعمال هؤلاء تضمنت مواضيع جغرافية، لكنها اتسمت بالمنحى الإداري الموسوعي الذي كان يتطرق أيضاً إلى مواضيع الثقافة العامة ومفاهيم قانونية وأحداث تاريخية وحتى علوم البلاغة، ويندرج هذا كله في أصول تحرير الوثائق. وعلى المنوال نفسه تم تناول موضوع الرحلات التي تتطرق إلى الجغرافيا، لكن لا يمكن تسميتها بعلم الجغرافيا. لكن مع ابن الفقيه تبدو الأمور واضحة، وإذا أمكن في ذلك الوقت كتابة الجغرافيا بشكل مختلف عنه وتقديمها كعمل مستقل عن أي تأثير سابق، فإن ابن الفقيه يشكل مرجعاً لا يمكن إنكاره وتجاوزه، فقد كان أحد أهم الجغرافيين العرب.

اعتباراً من أواسط القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد انطلقت ثورة علمية جغرافية أرسى منهجها أربعة علماء هم: البلخي والاصطخري وابن حوقل والمقدّسي، ويمكن أن نستشف نشوء مدرسة جغرافية خصوصاً لدى الثلاثة الأول، وذلك لأن الاصطخري تناول كتاب البلخي وطوره، كذلك فعل ابن حوقل بأعمال الاصطخري. في البداية كانت الأعمال الجغرافية تنحصر في وضع خرائط للبلاد الإسلامية، وقد أرفقت كل خريطة بنص توضيحي. ولكن الاصطخري وابن حوقل عملا عكس ذلك، فقد أصبح النص عندهما أساسياً يشكل صلب الموضوع والخريطة مرافقة له. ونسج المقدسي على المنوال نفسه؛ وكان

ذلك أول خروج على التقاليد الموروثة منذ بطلميوس، واعتماد الأساليب المعمول بها في الإرث الإيراني. فتراجعت الدقة في تمثيل ورسم الواقع الجغرافي لبلاد الإسلام ليحل محلها الشكل الهندسي في تصوير هذه البلاد إنما بحسب الأشكال البسيطة: المستطيل، الدائرة، المثلث، الحلزون، الهلال، التي كانت ترسم أحياناً على مختلف الأواني والأقمشة كالسجاد والحلقات والقمع وسواها وعلى الطيلسان الذي يقدم صورة هلال عند بسطه. والهدف من ذلك واضح، وهو جعل صورة الأرض محسوسة، واستخراج صورة ملموسة خارج إطار الرسوم والخرائط التي كان يعدها العلماء. أما النص فقد انطبع بالسمة نفسها التي تهدف إلى الالتصاق بالواقع.

والتجديد في العلم الجغرافي خلال القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد تناول الموضوع والذهنية والتقنية. فالموضوع كان العالم الإسلامي دون سواه، إذ إن **صورة الأرض** تبدو كمقدمة، كونها تتناول المعطيات العامة للأرض وذكر الشعوب الغريبة يرد على شكل رحلات خارج حدود العالم الإسلامي. لكن ذلك لا يضعف أو يخل في توازن المؤلف الذي يتصف بالغنى إذ يتناول «مملكة الإسلام» بكل تفاصيلها، ويصف البلدان الشاسعة التي كان يتألف منها العالم الإسلامي حينذاك.

وقد نتساءل عن سبب تأخر تحقيق مشروع بديهي يتناول فيه المؤلف جغرافية بلاده. لا ريب أن ذلك يعود لسببين: السبب الأول يتعلق بالأهداف غير الجغرافية التي قد يعلنها المؤلفون أو لا يعلنونها والتي تتوجه إلى القراء خصوصاً التجار منهم، وهم أول ما يخطر في بال المقدسي حين يقوم بوصف المدن ومداخيلها ومسالكها وجمع المعلومات عن النقود المتداولة فيها وأنظمة المقاييس والموازين، وبهذا يهدف الكتاب أولاً إلى أن يكون دليلاً تقنياً للتاجر المتمكن في حقله. ولكن هناك أيضاً «الكبار» كما يدعوهم المقدسي نفسه وكما يعنيهم في سره ابن حوقل أكثر من سواه. فقد شهد النصف الثاني من القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد صراع نفوذ بين خليفتين ندين سني في بغداد وشيعي في القاهرة. فإذا كان الخليفة في بغداد مطلعاً، ولو بشكل نظري، على أحوال المقاطعات في النصف الشرقي من الامبراطورية بواسطة موظفيه، فإن الخليفة في القاهرة مضطر للاستعانة بمبعوثين يجمعون له المعلومات عن المناطق التي يطمح بضمها إلى ملكه. ويمثل ابن حوقل أفضل تمثيل هذا الصنف من المبعوثين، وقد توصل من خلال عمله إلى منهجية تامة للمشروع القديم المتمثل بالجغرافيا الإدارية، فالمواضيع الثلاثة الأساسية التي تناولها: الضرائب، المسالك، الحدود (وهذه) تظهر لديه بمنظور شامل بحيث لم يغب أي طابع إقليمي عن وصفه لبلاد الإسلام. وبهذا فإن الجغرافيا التي وضعت خلال هذه الحقبة (القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد) هي وليدة الجغرافيين أمثال ابن خرداذبه أو قدامة بن جعفر بالإضافة إلى اليعقوبي (٢٧٦هـ/٨٨٩ ـ ٨٩٠م). والسبب الثاني، وإبرازه أكثر صعوبة من الأول، هو أن مشروع الوصف الوارد في **مملكة الإسلام** يمتزج بالأدب. لقد سبق وذكرنا أن هذا الأدب يجني من كل بستان، وقاعدته الوحيدة هي تقريب المعرفة من الأذهان.

فنشأت منذ ذلك الوقت فكرة تتساءل لماذا يتم التعرف على العالم الإسلامي من خلال نتف أو إنتاج أدبي ما أو شواهد عمرانية وسواها ولا يدرس بمجموعه بحيث يصبح جزءاً من ثقافة «الرجل الشريف»؟ هذا ما يرمي إليه المقدَّسي حين يتكلم عن مؤلف يقوم بوضعه، وحين يضم إلى مجموعة قرائه المحتملين النخبة المثقفة، كذلك حين يحاول، هنا وهناك، كتابة السجع وينتهي بقرض الشعر. وعمله هذا يطال المضمون والشكل بهدف وضع مؤلف يمكن أن يستفيد منه غير المختصين. وهو يهتم في هذا المؤلف بجميع المسائل، ويصوغ كل المواضيع الممكنة صياغة أدبية هي، وكما لاحظ غرينبوم (Grunebaum) صفة مسيطرة على النظام الثقافي خلال تلك الحقبة.

إن الفكر الذي صمم هذه الجغرافيا الجديدة ينهل من الموروث ومن التجديد، فالموروث هو تلك الكتب التي نقدها هذا الفكر لكنه استشهد بها. ولا تطور بالنسبة إلى نشوء علم أو ولادة معرفة دون الرجوع إلى الرواد في البداية. وبعد أن يتم احترام هذا التقليد وفق القواعد السائدة، فإن التجديد يمكن أن يأخذ دوره. ويستند هذا التجديد إلى المراقبة المباشرة وإلى تسجيل الأحداث والظواهر في مواقعها وحين حدوثها، ويتم كل ذلك أثناء التنقل والسفر من مكان إلى آخر. لقد استمر الترحال عبر بلاد الإسلام من جهة إلى أخرى، كما أصبح السفر أساساً للمعرفة. نأخذ مثلاً رحلات أبو دلف المِصْعر الذي وضع «رسالتين»، الأولى، وقد تكون غير مؤكدة، تتناول آسيا الوسطى وماليزيا والهند، أما الثانية، وهي جديرة بالاهتمام، فتتناول بلاد ايران وأرمينيا (في أواسط القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد). وقد كان على المؤلف أن يختار إحدى الطريقتين: فإما سرد أسفاره خارج بلاد الإسلام، أو السفر داخل هذه البلاد، إن بحكم عمله أو بتكليف من قبل الدولة، أو بهدف الحج إلى مكة المكرمة، أو طلباً لتلقي معرفة ما على يد بعض العلماء أو لممارسة التعليم. وكانت هذه الرحلات تتم دون الإعراب بأن هدفها هو وضع كتاب. لكن فيما بعد تبدل كل ذلك، وكأن استكشاف العالم الإسلامي أصبح هدفاً بحد ذاته.

في النصف الثاني من القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، برزت أعمال المقدَّسي بحلتها المجددة وبمواضيعها وأسلوبها وتقنيتها كأفضل ما يمثل جغرافية الإسلام. فقد وضع وحدد قبل كل شيء مصطلحات خاصة وواضحة. واستعمل تعابير من اللغة المتداولة للإشارة إلى مختلف درجات النوعية، على غرار ما يسمح بتحديد قيمة الأصناف والسلع. وقد ظهر تقسيمه واضحاً في تناول مواضيع البلدان ومدنها بحسب تراتبية دقيقة. فيأتي «الإقليم» في رأس الهرم، وعلى الرغم من أن هذا التعبير قد استقي من الاغريقية وكان يعني المناخ (Klima) لكن معناه اختلف عند المقدسي. وأول مدن الإقليم هي العاصمة وقد أسماها «مصر» (جمعها أمصار)، تليها الكورة أي المقاطعة ومركزها القصبة، ثم تأتي المدن، إنما «المدينة» يفترض أن يوجد فيها مسجد كبير ـ جامع ـ فيه منبر، وهذه علامة واضحة لحضور السلطة، وذلك لأن خطبة الجمعة في هذا الجامع تتضمن الدعاء لأمير المؤمنين أو للحاكم الذي تدخل المدينة ضمن سلطته. ويطلق المقدسي تسمية «الناحية» للمنطقة التي

تكون أصغر من الإقليم وأكبر من «الكورة». بينما يسمي المنطقة التي تلي «الكورة» باتساعها «الرستاق».

ويهيمن هاجس الدقة على بناء مؤلفات المقدسي، فهو يضع تقديماً عاماً مختصراً للمنطقة ثم يتناول بوصف تفصيلي «الكورة» تلو الأخرى، ثم يتطرق إلى دراسة شاملة تندرج تحت عناوين أساسية: المناخ ـ المياه ـ المحاصيل ـ الأوزان ـ المقاييس ـ النقود ـ التجارة ـ الضرائب ـ العادات ـ المدارس الشرعية والفقهية ـ الأماكن المقدسة ـ السلطة المحلية ـ المسالك والطرق.

ولكن نتساءل ما هو الإقليم؟ من الناحية الكمية يشكل الإقليم واحداً من أربعة عشر تقسيماً للعالم الإسلامي، فهناك ستة أقاليم عربية وثمانية غير عربية (من أرمينية حتى نهر الهندوس مروراً ببلاد فارس) وهذه الأقاليم تختلف بمساحاتها. لقد تجاوز المقدسي التعبير الإغريقي (Klima) بحيث أصبح «الإقليم» بحسب تحديده بلداً حقيقياً قائماً بذاته بجغرافيته وتاريخه المترابطين. وفي قمة الأقاليم «مملكة الإسلام» وقد ينفصل التعبير أحياناً إلى جزأين «المملكة» و«الإسلام» وهذه إشارة إلى وعي عظمة الوحدة التي تتجاوز الاختلافات والفوارق:

الاختلافات السياسية بين ثلاثة خلفاء يتناحرون، في قرطبة وفي بغداد وفي القاهرة. والفوارق الجمة في المناخ والتضاريس والعادات واللغات وأنظمة المقاييس والنقود.

فعلى الرغم من انقسام الامبراطورية، لا بد من الكلام عن الجغرافيا الامبراطورية، والتي تعكس مجموعاً مركباً من عناصر مختلفة ولكنه موحد ومدرك لوحدته من خلال الإسلام والأشكال المختلفة للحياة اليومية، حياة الجماعة وحياة الفرد التي تستلهم جميعها الإسلام. إنها جغرافيا شاملة، جغرافيا هشة وزائلة، فالألف الأول ينصرم، وبعده سوف تنقلب الأوضاع وتتبدل المشاهد.

* * *

كان الحدث الأهم، مع بداية الألف الثانية، بروز الأتراك الذين أتوا من أواسط آسيا وسيطرتهم على الخلافة في بغداد، وهذا كان مقدمة لانهيارها مع الزحف المغولي عام ١٢٥٨م، لقد بدأ العرب منذ ذلك الحين يفقدون تأثيرهم التاريخي. وفي الفترة نفسها كان الغرب المسيحي يستعيد سيطرته على اسبانيا، كما بدأت حينها الحملات الصليبية واشتدت القطيعة بين الشرق والغرب الإسلاميين. وقد تجلى انعكاس هذه الأحداث على العلوم الجغرافية في ثلاثة مستويات:

ـ انقطاع التواصل مع الماضي القريب، أي مع مسارات هذا العلم كما خُطّت خلال القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد.

ـ العودة، في بعض الأحيان، إلى الأنماط التي سبقت هذه الفترة توسلاً للاستناد إلى معطيات تعود إلى عهود أكثر صفاءً ولا تنتمي إلى عصر تاريخي حديث تشوبه نكسة تاريخية صاعقة.

ـ نشوء اتجاهات جديدة انبثقت من المعطيات التاريخية التي تحكمت بالشرق الأوسط بعد الألف الأول.

وفي كل الأحوال، فإن الأزمة اتسمت بتأثيرها على خصوبة الإنتاج وغزارته وتعدد الأسماء البارزة في مجال علم الجغرافيا. لذا سنحاول تبيان حال الجغرافيا بعد العام الألف وكيف تم تناول علومها.

نتعرض **أولاً** لمسألة الانقطاع عن الماضي، والذي تأثرت به مهمة الجغرافي. فقد تلازم تحقيق البناء المتكامل للجغرافيا العربية، والذي تمحور حول مفهوم «المملكة» مع تخلخل واقع هذه المملكة قبل أن تضمحل فيما بعد. لقد بقي العالم العربي الإسلامي موحداً على الرغم من انقسامه، كما سبق وذكرنا، وذلك لانتمائه إلى الحضارة نفسها ولارتكازه إلى الأسس نفسها التي قام عليها: فهو أموي في قرطبة، فاطمي في القاهرة، وعباسي في بغداد. فالخلافة لم تنقطع، أو بالأحرى كانت هناك سلطة تذكر، وبشكل مستمر، بأن غاية الإسلام وقدره يتمثلان بالوحدة. ولكن خلال القرن الحادي عشر للميلاد، سقطت قرطبة (في العام ١٠٣١م) وسيطر الأتراك على بغداد (عام ١٠٥٨م) واضمحلت الخلافة إثر الغزو المغولي (١٢٥٨م)، وذوى حكم الفاطميين في القاهرة إلى أن انتهى عام ١١٧١م. وإن انتعشت فكرة الخلافة مع سلالة الموحدين، فإنها لم تدم طويلاً (من ١١٤٧ إلى ١٢٦٩م) كما أنها لم تتجاوز حدود القسم الغربي من العالم الإسلامي. وفي عالم بلغ فيه الاضطراب شأواً كبيراً، في عالم تراجعت فيه، شيئاً فشيئاً، فكرة بناء نظام سياسي موحد للمؤمنين، لم يكن مستغرباً اختفاء مفهوم وتعبير «مملكة الإسلام» من مجمل ما وصل إلينا من كتابات لاحقة. والأقسى من كل هذا أن المدرسة الجغرافية التي استمرت من البلخي إلى المقدسي، والتي كانت تسمى أحياناً «أطلس الإسلام» قد اندثرت ولم تستمر حتى كذكرى. والكتاب الوحيد الذي يقيم بعض الصلة مع الماضي الجغرافي المجيد هو كتاب **المسالك والممالك** الذي وضعه البكري (ت ١٠٩٤م) والذي تندرج مواضيعه ضمن الرحلات وليس بحسب المقاطعات، حتى إن مفهوم وتعبير «مملكة» أسقط وبشكل نهائي. لقد طويت صفحة من تاريخ العلم الجغرافي، وأصبحت المواضيع المطروقة تتناول المناطق والبلدان والدول أو كامل الكرة الأرضية وحتى الكون بمجمله.

هناك انقطاع **ثانٍ** مع الماضي القريب، ويتناول حقل التعبير الجغرافي. فقبل القرن الحادي عشر للميلاد، كانت الجغرافيا تشارك في مجمل الحركة الثقافية التي أنتجت أفضل تجليات الحضارة العباسية، فالإسلام كان حاضناً لمختلف الإثنيات تحت راية الإسلام وراية العربية كلغة لشتى أنواع التبادل. وما يهمنا هنا هو التبادل المعرفي. فهناك عدد من المؤلفين

الذين برزوا في العلوم الجغرافية، وباللغة العربية، كانوا من أصل إيراني باستثناء واحد أو اثنين منهم. أما بعد العام الألف فقد تضعضعت الخريطة اللغوية للشرق، خصوصاً إثر السيطرة التركية وما تلاها من غزوات منغولية. ويبرز ذلك من خلال ثلاث ظواهر: **الأولى** اندثار البؤر الثقافية العربية، التي أعطت الأدب العربي أكبر أدبائه وعلى امتداد رقعة جغرافية تمتد من بلاد ما بين النهرين وصولاً إلى آسيا الوسطى. أما الظاهرة **الثانية** فتتمثل بالتغيير الذي طال حدود العالم العربي فقد أصبحت بغداد حده الشرقي، وكذلك حد اللغة العربية بشكل نهائي استمر حتى أيامنا هذه. **وأخيراً**، وبسبب التدخل التركي برزت، على الأقل بوجهها الثقافي، أمم متعددة على مسرح الشرق: الأتراك وهم المبادرون في تلك الحقبة، والإيرانيون الذين تبين أن ثقافتهم مترسخة وقادرة على البقاء على الرغم من التقلبات. وقد بدأ هؤلاء باستعمال لغاتهم على الأقل في المجالات التي لا تتعلق بالدين والعلوم المرتبطة به مباشرة. لقد تأثرت العلوم الجغرافية بهذا المنحى، وأصبحت تركية أو إيرانية اللغة، وتراجعت اللغة العربية إلى حدودها اللغوية الخاصة، وبالتالي فقدت احتكار التعبير الجغرافي.

والانقطاع **الثالث** والأخير، تناول مواقع إنتاج علم الجغرافيا. فقبل العام الألف كان الشرق مسيطراً، وخصوصاً بغداد التي كان على كل عالم أن يزورها أو يذكرها على الأقل. فهذه المدينة والعراق بقيا، على الرغم من مرحلة الانحطاط خلال القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، مركز المعرفة وقطب الثقافة ومرجعية أنماطها. فكانت بغداد تملي الأصول الأدبية والحس السليم والمعرفة، وصولاً إلى إسبانيا وإلى قرطبة. وينطبق ذلك على العلوم الجغرافية التي كتبها شرقيون، فهي تضع في وصفها العراق وعاصمته في مركز الصدارة، وتشير بلا شك إلى التقلبات التي يعيشها، لكنها لا تنظر إلى العالم إلا من خلاله وعبره. فالوصف الأهم والأفضل والأكثر تفصيلاً يتناول ما يتصل ببغداد والبلاد التي ترنو إليها بغداد وهي: مصر، وخصوصاً سوريا وبلاد العرب من جهة، وأرمينيا وإيران من جهة أخرى. وتنعكس هذه النظرة بعد العام الألف، فيبرز المغرب في العلوم الجغرافية كمركز ثقل، على الرغم من سيادة تعبير ابن حوقل، الذي حدد المغرب كـ «الياقة في الثوب» بينما الشرق الإسلامي فيمثل مركز الجسد. ولم تتمثل حركة التغيير في الاستفاضة والدقة في وصف وتحديد المعطيات الجغرافية للبلدان البعيدة عن بغداد، بل أيضاً في توزع مراكز الإنتاج الجغرافي العربي، التي لم تعد حكراً على الشرق بل برزت أيضاً في صقلية وشمالي افريقيا، حيث تجلت فيها أسماء كبيرة.

إن السياق الجديد الذي ارتسم بعد العام الألف وفي غمرة الغزوات، يتسم دون شك بالاضطراب الشديد. وهذا ما يفسر، إلى حد بعيد، الحركة العامة للآداب العربية خلال هذه الفترة. فقد تراجعت حركة الإبداع أمام نمو حركة التسجيل والجمع، ويبرز ذلك خصوصاً في ميدان الشعر. وقد شملت هذه الحركة مختلف الميادين بنشاط لا يكل وكأنها

هاجس لحفظ التراث من الضياع. ومن يدري؟ فقد تكون هذه يوماً شهادة في وجه العالم بأن الحضارة العربية ـ الإسلامية القابلة للزوال ربما، أو على الأقل الهشة والقلقة، كبقية الحضارات، قد عاشت لفترة من الزمن وأبدعت وأنتجت بغزارة. وهذا ما سيشكل أحد المواضيع المركزية لدى المؤرخ الكبير ابن خلدون (١٣٣٢ ـ ١٤٠٦م). في هذا المناخ العام من الانكفاء على الذات واستعادة التراث نتبين موقع الجغرافيا وبقية المعارف. فقد انتعشت من جديد غالبية الأنماط التي نشأت خلال النصف الثاني من القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد ما عدا «أطلس الإسلام». ونتساءل عن سبب إهمال هذا التقليد والإبقاء على الأنماط الجغرافية الأخرى. يمكننا فقط أن نسجل أن الحقبة التاريخية التي أنتجت هذا النوع العلمي قد سلبته الشروط والأدوات التي تسمح له بالحياة والاستمرار. قد يشكل ذلك لغزاً، إلا إذا افترضنا أن جغرافية الحقبة الزمنية ٩٥٠ ـ ١٠٠٠م التي تأسست على «مملكة» تنتمي أصلاً إلى حلم أو إلى ذكرى أكثر من إنتمائها إلى حقيقة وواقع، قد دفعت هذا المفهوم بعيداً إلى درجة انهار معها تحت وطأة الأحداث التاريخية وأصبح بالتالي التمسك به مصطنعاً، وهو يفضي إلى انسلاخ عن الواقع وحتى إلى الكثير من الألم والمرارة.

تمثل الانبعاث الأول في هذه الحركة بالمجامع. والكلمة هنا يمكنها أن تشير إلى اتجاهين: اتجاه يتمثل بالعزم على اكتساب معرفة شاملة ترتكز على محصلة المعارف العصرية، كما حصل في عصر الأنوار في أوروبا، أو اتجاه تسجيلي لكامل المعارف، باعتبارها مكتسبة بشكل تام ونهائي. دون شك، وبالعودة إلى السياق الذي ذكرناه، تبدو أعمال العرب الموسوعية بعد الألف الأول منتمية بشكل أساسي إلى الاتجاه الثاني. لقد تمت معالجة المعطيات طبقاً لنمطين: **الأول** ويقوم على بناء موسوعي وحيد لكامل المعارف تكون فيه العلوم الجغرافية إلى جانب العلوم الأخرى، **والثاني**، ويقوم على تناول كل حقل من العلوم على حدة، ويشكل العمل الموسوعي الإطار الحاضن لها جميعاً. ولقد اتبع النمطان في تحقيق الهدف الموسوعي.

نجد جذور النمط الأول لدى الموظفين ورجال العلم الذين عرفناهم سابقاً مثل ابن خرداذبه أو قدامة من جهة وابن رسته أو المسعودي من جهة أخرى، ولكن الظاهرة البارزة هي اندماج النمطين في مسار واحد بعد الألف الأول. ولقد برز مماليك مصر في هذا الميدان وفق النموذجين البغداديين بالطبع. بالإضافة إلى ذلك، فكما احتضنوا، وإن بشكل رمزي، الخليفة العباسي الذي نجا من المجزرة التي تعرضت لها عائلته على أيدي المغول عام ١٢٥٨م، كذلك استوحوا من تقاليد العراق الإدارية طرائق لتأهيل موظفيهم وإدارتهم. وبالتالي، كان يتوجب على الكاتب أن يمتلك، كما في السابق، تقنية مؤكدة وأسلوباً رفيع المستوى وثقافة واسعة، لا بل كان ينبغي عليه أن يكون مثقفاً أكثر من أي إنسان آخر. وكان عليه أكثر من ذلك في المرحلة الجديدة؛ فإنه، بدل أن يستنير بمنارات الأدب، كان

عليه أن يكون منارة لهذا الأدب. وهكذا، تلاقت وظيفته مع المعارف الضرورية لرجل الاختصاص، في علوم الدين والفقه والسنة، ثم اقتربت من الأدب الذي وفر له أسلوب الكتابة ومن التاريخ الذي سمح له بالاطلاع على أوضاع العصر، وأخيراً من الجغرافيا التي أفسحت له مكاناً في مجالين: مجال المعلومات حول ثروات، أو عادات البلدان التابعة لإدارته، ومجال وصف الكرة الأرضية والشعوب الغريبة. وقد شكل هذان المجالان بالإضافة إلى ما أرفدته منابع المعارف المختلفة بعض مواضيع الثقافة الشاملة التي من دونها لا يمكن للكاتب أن يكون موظفاً حقيقياً. لذا فقد جمع العمل الموسوعي المملوكي التقليدين اللذين سبقاه وبلغ بهما الذروة. فشخصية الكاتب الموظف جمعت، وبشكل نهائي، الصفات التقنية للممارسة الإدارية وسعة المعرفة والثقافة. والجغرافيا بمجاليها، اللذين سبق ذكرهما، أخذت نصيبها في بناء شخصية الكاتب بمقدار لا يقل عن مساهمة غيرها من المعارف، ويمكننا تتبع البناء المنتظم لهذا الحصن المعرفي من خلال الأعمال الكبرى التالية: **نهاية الإرب في فنون الأدب** للنويري (١٢٧٩ ـ ١٣٣٢م)، **مسالك الأبصار في ممالك الأمصار** لابن فضل الله العمري (١٣٠١ ـ ١٣٤٩م) و**صبح الأعشى في كتابة الإنشا** للقلقشندي (١٣٥٥ ـ ١٤١٨م).

سبق وبينا إمكانية تحقيق العمل الموسوعي من خلال تجميع المعارف في مختلف الحقول. أما بالنسبة إلى الجغرافيا فالعمل يهدف إلى تحديد موقع الأرض في الكون، وبمعنى آخر، بناء جغرافية كونية. وهذا ما هدف إليه جميع الجغرافيين العرب الذين تابعوا أعمال بطلميوس وعلم الفلك الهندي. ولكن بعد العام الألف لم يتجل هذا السعي نحو الاكتشاف إلا في فترات وقفزات معينة، مثلما فعل ألغ بك (ت ١٤٤٩م)، هذا الأمير الذي حمى العلماء وكان رياضياً كبيراً. وقد وصلتنا اللوائح الفلكية (**الزيج**) التي وضعت باللغة الفارسية. واستمر الحال على هذا المنوال: بضع تجليات علمية، ثم لا شيء.

على الرغم من ذلك، استمر نهج أدبي انخرطت فيه مجموعة من الكتاب الذين سعوا إلى ايصال نتائج الأبحاث العلمية بطريقة سهلة المنال إلى جمهور مثقف، لكنه غير متخصص. كان الموضوع الأبرز لهذا «الأدب» تمثيل الأرض واستخدام علم الفلك لتحديد موقعها في الكون، لكن برز أيضاً التنجيم لتفسير تأثير النجوم، كما تضمن الأدب الكونيات وعلم نشوء الكون، لكن تناول جميع هذه العلوم كان يتم من خلال اختصارها إلى مواضيع سهلة المنال والفهم، والهدف الأول منها هو وصف الكرة الأرضية. هكذا تم وصف الجبال والبحار والأنهر والكائنات الحية. وهذا جهد لا يمكن إنكاره في تجميع المعلومات، لكن لا ينبغي إخفاء حدود هذا العمل وثغراته. فقد توقف رفده بالأبحاث العلمية المستمرة والمتتابعة، كما أن الفكر المحرك له يضع في المرتبة الثانية وضوح الرؤية والموضوعية ليبرز الأمور الغريبة وخصوصاً العجائب، بحيث إن هذه الكلمة والموضوع

الذي تشكله يترددان بشكل دائم، حتى في عناوين الأعمال الموسوعية التي قام بها عبد الحميد الغرناطي (ت ١١٧٠م)، والقزويني(ت ١٢٨٣م)، والدمشقي (ت ١٣٢٧م)، وابن الوردي (ت ١٤٥٧م).

وتظهر المعاجم كشكل آخر من الأعمال الموسوعية. وهي في الواقع أنماط جديدة لأنها لم تظهر بشكل واضح قبل العام الألف، إلا من خلال تناول دراسة بلد ما أو مدينة، ومن ضمن أعمال أكثر شمولاً، مثل أعمال ابن الفقيه. ونذكر في هذا المجال البكري وياقوت (ت ١٢٢٩م) فالأول ترك لنا معجماً يرتبط بعلم اللغة أكثر من ارتباطه بالجغرافيا، فيضم معجمه أسماء أماكن في شبه الجزيرة العربية يرافقها تقديم عام لهذه البلاد.

أما **معجم البلدان** الذي وضعه ياقوت، فيذهب إلى أبعد من ذلك، إذ يقدم البلدان والمناطق والمدن بحسب ترتيب أبجدي، ولا يكتفي بتقديم معلومات تتناول الأصول اللغوية لأسماء الأماكن والنصوص التي ترد فيها هذه المعلومات، بل يعطي تحديدات دقيقة لمواقع هذه الأماكن وإنتاجها وأبنيتها والأعلام الذين ينتمون إليها، أو الذين عاشوا فيها.

إن للكتاب أهمية كبرى، فهو يحملنا في جولة حقيقية حول العالم الإسلامي وما عداه، ويستعرض مواضيعه دون بهرجة وبشكل مناسب مع استعداد دائم للتوسع في أي موضوع قد يطرأ أثناء المسار العام للكتاب. ومن ناحية أخرى يجمع ياقوت فيضاً من المعلومات التي وردت في أعمال سابقة والتي ضاع بعض منها. هناك ميزة أخيرة لمعجم ياقوت وهي تكمن في ارتباطه، وبجدارة، بـ «علم البلدان» كما أسماه ابن الفقيه. فهو يرتكز على معرفة شاملة تتعرض لأسماء الأماكن عن طريق جمع جميع المعطيات المتعلقة بكل اسم من جهة مصدر اللفظ والتاريخ والجغرافيا والاقتصاد والدين... وهو بذلك واسع في موضوعه متجاوز لجميع الأعمال الجغرافية التي سبقته قبل العام الألف، دقيق في منهجه وناقد حيث يتوجّب النقد. وبذا يبقى معجم ياقوت حتى أيامنا كتاباً لا غنى عنه يرجع إليه دائماً.

لم يبق بعد العام الألف سوى العمل الموسوعي. أما **صورة الأرض** فقد انبعثت من رمادها، كما أن تراجع مفهوم «المملكة» أدى إلى انطلاق فكرة الجغرافيا الدقيقة التي تتناول المناخ الواحد تلو الآخر (بمفهوم المناخ الذي كان سائداً حينذاك) لجميع بقاع الكرة الأرضية. وأهم الأعمال في تلك الفترة قام بها الزُهري (حوالى العام ١١٣٧م)، الإدريسي (ت ١١٦٥م)، وابن سعيد (١٢٧٤م)، وأبو الفداء (١٣٣١م). ونلاحظ أن أبا الفداء هو المشرقي الوحيد بين هؤلاء الأربعة، وهو سوري بالتحديد. أما الآخرون فقد كانوا من الغرب أو أنهم عملوا هناك، فالزهري وابن سعيد من الأندلس، أما الإدريسي فقد لمع في بلاط روجر الثاني في صقلية الذي صمم له الإدريسي خريطة للكرة الأرضية مصنوعة من

الفضة. وهكذا يمكن تفسير المعلومات الجديدة والمصححة في النص الجغرافي وفي خريطة **صورة الأرض** التي تتناول العالم الغربي، خصوصاً أوروبا، التي لم تكن معروفة بشكل جيد قبل الإدريسي.

ونلاحظ أن **صورة الأرض** هذه تطور في المعارف التي تتناول طبيعة البلدان، وبالإضافة إلى ذلك فقد تبنت بعض الدروس الجغرافية العائدة للسنوات ٩٥٠ و١٠٠٠م. ولم يكن ذلك عبر مفهوم أو حتى تعبير «المملكة» الذي اندثر، بل من خلال ممارسة دقيقة في وصف البلدان لم تكن موجودة سابقاً في **صورة الأرض** قبل العام الألف، والتي أصبحت من أسس «أطلس الإسلام». وبذلك أصبح التناول الجديد لموضوع **صورة الأرض** يتم عبر نموذجين يتقاطعان أحياناً، الأول يستند إلى المناخ والثاني إلى وصف البلدان، ويتم كذلك عبر نوعين من التمثيل، الأول يعتمد على الإحداثيات والثاني يندرج في جدول وصفي. وقد برع في هاتين الطريقتين أبو الفداء الذي كان الممثل الأفضل والنموذجي لهذا المنهج. ولا بد من الإشارة إلى أن هذه الأنماط الجغرافية الجديدة، وعلى الرغم من بعض الالتباس، تعكس وبشكل كامل، التبدلات التي طرأت على المسارات التاريخية والفكرية. فالبلدان التي تم تناولها من ضمن دراسة المناخات المختلفة هي جميع بلدان العالم المعروف حينذاك. وعلى الرغم من أن البلدان الإسلامية تشغل الحيز الأهم إلا أنها ليست الوحيدة كما في «الأطلس»، فهي لم تعد تشكل العالم المعروف والوحيد، خصوصاً أنها لم تعد ضمن بوتقة واحدة وتحمل اسماً فريداً ووحيداً.

ولا بد من الإشارة إلى مظهر أخير لانبعاث محتمل يتمثل في الجغرافيا المحلية، وهو موضوع لم نذكر عنه شيئاً بالنسبة إلى الفترة ما قبل العام الألف. وباستثناء العمل الضخم والرائع الذي قام به البيروني (٩٧٣ ـ ١٠٤٨م) حول بلاد الهند والذي هدف إلى تعريف هذه البلاد من جوانبها كافة، فقد غلب الطابع التاريخي على النصوص في الجغرافيا المحلية. أما المقاطع التي تتناول وصف الأمكنة أو محاصيل تلك البلاد وغلالها فهي تندرج في أعمال تهدف إلى إثارة المشاعر الوطنية المحلية بواسطة تسليط الضوء على الماضي، بحيث تشغل المادة التاريخية الغالبية العظمى من الموضوع.

إن هذا النمط من الكتابة، الذي أينع بعد العام الألف مرتبط بالممالك الصغيرة، خصوصاً تلك التي تحمي في بلاطها رجالات الأدب والفن. ولغة تلك الكتابة كانت الفارسية في البلدان التي تقع شرقي بلاد ما بين النهرين. أما هذا النمط من الكتابة باللغة العربية فكان يندرج في الأعمال العامة، كالموسوعات التي ذكرناها والتي رعتها مصر المملوكية. وفي أية حال، فإن الجغرافيا المحلية، سواء أكانت بشكل أعمال منفردة أم ضمن أعمال عامة، قد بينت ما تشتهر به البلدان والمدن المختلفة بواسطة التعمق في التحقيقات

وإجراء العديد منها. وتشكل هذه الأعمال مصادر يركن إليها ولا يمكن الاستعاضة عنها للتعرف إلى الشرق العربي بعد العام الألف.

بقي أن نتكلم أخيراً عن المفاهيم الجديدة في الجغرافيا انطلاقاً من القرن الحادي عشر. إنها جديدة فعلاً، لأنه لو استطعنا أن نجد لها تجسيدات سابقة، كما فعلنا بالنسبة إلى ياقوت على سبيل المثال، لتبين لنا أن التغييرات الحاصلة واضحة جداً. لندرس الجغرافيا الدينية. لقد كانت تظهر سابقاً كإشارات عند تناول موضوع بلد ما أو ذكر شخصية توراتية أو أحد الصحابة أو رجل فاضل. غير أنها كانت معطيات مجتزأة عابرة تأتي من ضمن أعمال أخرى. ولكن، بدءاً من القرن الحادي عشر تبدل كل شيء، خصوصاً مع انطلاق السنة وبروز هاجس توحيد الإسلام في مواجهة الخطر الخارجي، خصوصاً الخطر الصليبي، وكذلك مع نمو تقوى شعبية هاجسها إيجاد أمكنة ركون وإيحاء ديني، مما دفع، ليس فقط إلى الإشارة إلى هذه الأمكنة في سياق تناول وصف البلدان أو المدن، بل إلى كتابة أصناف من الدليل المتخصص؛ ويمثل **كتاب الزيارات** للهَرَوي (ت ١٢١٤م) نموذجاً لهذه الكتب. وكانت الزيارات تشمل الأمكنة المقدسة وقبور الأولياء وصوامع الزهاد والمدارس التي تدرس الفقه وأصول الدين. ونتساءل هل ينتمي هذا إلى الجغرافيا؟ دون أدنى ريب. وذلك لبروز مواضيع تنتمي إلى «علم البلدان» وهو علم يتناول تحديد المسافات ومسارات الرحلات وملاحظات حول أسماء الأمكنة وطبيعة الأرض ووصف للطبيعة في بعض الأحيان. كذلك تنتمي هذه الأعمال إلى الجغرافيا لأنها تدفعنا إلى التعرف على مجمل المدى الجغرافي كأساس للوصف الطبيعي. وهذه الأعمال مصنفة بحسب البلدان على طراز تصنيف ابن الفقيه أو ابن حوقل، لكنها تتجاوز هذا النمط، فما نجده في هذه الكتب هو عالم الإسلام بحسب نموذج «الأطلس» ولكن من زاوية مختلفة. فعلى الرغم من الطابع المتخصص، وهو ديني بالطبع، يمكننا أن نقرأ شهادة تشير إلى إرادة البقاء والرغبة في المحافظة على الوحدة الإسلامية على الرغم من التفتت السياسي.

شمل التبدل أيضاً الأدب الجغرافي البحري، وهو كان معروفاً قبل العام الألف، كما رأينا، على شكل كتب بحارة مثل كتاب **علاقة الصين والهند**، والمؤلفات هذه تتطرق أيضاً إلى البحار التي تحيط بشبه الجزيرة العربية وإلى معلومات عن الإبحار قرب الشواطىء وعن الرياح والمرافىء والممرات الخطرة. وهذه المعلومات لا تشكل أعمالاً مستقلة بل تندرج في المؤلفات التي تصف البلدان خصوصاً في «أطلس الإسلام»، وقد رأينا ذلك لدى المقدسي. أما في القرن الحادي عشر فقد زال كل ذلك لحساب جغرافيا بحرية حقيقية، على الأقل لجهة بلاد الشرق. أما بالنسبة إلى منطقة المحيط الأطلسي فقد استمر التقليد القديم لأدب الرحلات، وهذا ما يمكننا أن نراه في مقتطفات من أعمال الإدريسي، التي ذكرها كل من عبد الحميد الغرناطي وابن فضل الله العمري. ويذكر الإدريسي قصة ثمانية شبان أبحروا

من لشبونة، في القرن العاشر للميلاد، نحو جزر ماديرا والكاناري. كذلك نجد في مقتطفات ذكرها ابن سعيد وأسندها إلى ابن فاطمة الذي استكشف، حوالى أواسط القرن الثالث عشر، شواطىء أفريقيا الغربية وصولاً إلى رأس الرجاء الصالح. أما لجهة البحر المتوسط فالأمور، بعد الألف الأول، بقيت كما هي، فهذا البحر منطقة تنازع عسكري وتجاري لا تسيطر عليه أية قوة متفردة، وبالتالي فالغموض يلف نواحيه. فلجهة شمال هذا البحر لا تتجاوز المعلومات التي قدمها الإدريسي بعض الشواطئ والجزر. وهكذا يغيب الأدب الحقيقي الذي يتناول البحار بانتظار قيام السلطة العثمانية.

لكن التغيير الأهم حصل في المشرق. فقبل العام الألف، وبالإضافة إلى الأعمال التي تناولت بحار الشرق الأقصى أو شبه الجزيرة العربية، لا بد أن نشير إلى الخرائط البرية والخرائط البحرية المعروفة منذ القرن التاسع التي ستشهد تقدماً حقيقياً بارزاً في القرنين الخامس عشر والسادس عشر للميلاد. لكن هل يشكل ذلك تبدلاً؟ نعم، إذا أخذنا في الاعتبار حدثين: فإن ما عرف من خرائط برية وخرائط بحرية يعود إلى ما قبل العام الألف، قد اقتصر أصحابها على بعض الأسماء النادرة، ولم يصلنا شيء من هذه الخرائط. ولا بد من الأخذ بالحسبان، في التاريخ الجديد الذي استند إلى الاكتشافات الكبرى، ما نجده من غنى ونوعية جيدة في المعطيات الجديدة. فعلى طرق المحيط الهندي يقودنا اثنان: سليمان المهري، الذي تناول هذه الطرق في بداية القرن السادس عشر للميلاد، وابن ماجد وهو الابن البكر للمهري، فقد قاد سفن فاسكو دو غاما عام ١٤٩٨م من افريقيا الشرقية إلى الهند. إن هذا البحار الجسور الذي قضى خمسين عاماً من حياته يركب الأمواج، جمع إلى معرفته بالملاحة فن الكتابة، فقد وضع أكثر من ثلاثين مؤلفاً حول الملاحة. وبفضل سليمان وابن ماجد بلغت علوم البحار العربية والملاحة في المحيطات والاسترشاد بالنجوم أوجها. ولكن ذلك إلى حين، فقد تبدلت مسارات التاريخ الجديد وأصبح الأوروبيون يسيطرون على بحار أفريقيا والشرق الأقصى، فتنحت العلوم البحرية العربية أمام الغربيين، أسياد البحر الجدد.

والتجديد الكبير بعد العام الألف هو نشوء أدب «الرحلة»، وهو يوميات لا تقف عند حدود الرواية بل تتجاوز ذلك إلى نوع أدبي جديد، فهي تتضمن أيضاً تسجيلاً للانطباعات اليومية، فيتزامن قطع المسافات مع المغامرات الشخصية للكاتب. وفي البداية كان أدب «الرحلة» هذا يتمحور حول زيارة الأماكن الإسلامية المقدسة ومنابع المعرفة الشهيرة في بلاد الإسلام. وهنا برز بقوة دور الكتاب المغاربة في هذا الأدب الجديد، حيث يتقاطع الترحال مع زيارة أعلام الفكر المشهورين، فنجد «الرحلة» تندمج مع عملية «الفهرسة». وهذا ما طبع القرنين الثالث عشر والرابع عشر للميلاد. ونذكر هنا أعلام هذه المرحلة مثل النباتي والعبدري والطيبي والتيجاني، أما في القرن السابع عشر فنذكر العياشي. ومن أهم هؤلاء

نذكر ابن جبير، كما نذكر ابن بطوطة في المقام الأول. فالأول (ت ١٢١٧م) أعطى أدب «الرحلة» صيغة اليوميات، أما الثاني فقد تجاوز موضوع «الرحلة ـ الذريعة» إلى أدب الرحلات كما عرف عنه.

ولندرك عظمة عمله وأهمية رحلاته يكفي أن نعرف أنه انطلق من مسقط رأسه طنجة عام ١٣٢٥م، وكان يبلغ حينذاك إحدى وعشرين سنة، ولم يعد إلى طنجة إلا بعد مرور أربع وعشرين سنة، وتقدر المسافة التي قطعها بحوالى مئة وعشرين ألف كيلومتر، فقد طاف في مختلف أرجاء العالم العربي بالإضافة إلى إسبانيا وأواسط آسيا والقسطنطينية وجنوب روسيا والأناضول وإيران والهند وجزر المالديف وسيلان والبنغال وسومطرة وحدود الصين وافريقيا الشرقية وجنوب الصحراء الكبرى. وكان كتابه المعروف بـ **رحلة ابن بطوطة** تجديداً رائعاً في هذا الصنف من الأدب. والأسفار كانت مناسبة لتسجيل معطيات لا يمكن مضاهاتها، كما حددت الإطار العام لحياة ابن بطوطة نفسه، فهو يتزوج هنا ليطلق هناك، ويكون مرة قاضياً ليصبح مرة أخرى تاجراً أو سفيراً أو مستشاراً لأحد الأمراء. وتتسم «رحلة» ابن بطوطة بالتشويق لأنها تشكل مقدمة للعصور الحديثة، فقد ظهرت بعد الغزو المغولي وفي كنف عالم إسلامي متفكك، لذا فهو أدب يناقض التطلع الى «مملكة الإسلام» التي هيمنت على «الأطلس» خلال السنوات ٩٥٠ ـ ١٠٠٠م. إن هذا الأدب الجديد لا يلهث وراء حلم ذوى، بل يتعامل مع الواقع كما هو مستعيضاً عن «المملكة» القديمة بمملكة أخرى أكثر ثباتاً وأكثر حياةً وتستمر إلى يومنا: وهي، أكانت عربية أم لا، تمتد على الكرة الأرضية من طرف إلى آخر، وتستمر وحدتها لارتكازها على الإسلام والتقاليد ونمط العيش الذي توحيه هذه الديانة. إنها «عائلة» واحدة، كما يقول ابن بطوطة نفسه. ومعه ينتهي التاريخ الكبير للجغرافيا العربية لتبدأ جغرافية العصور الحديثة.

ـ ٢٤ ـ

علم النبات والزراعة

توفيق فهد(*)

انقضى زمن طويل قبل أن يعتبر علما النبات والزراعة علمين منفصلين. وكان أول مؤلف في الزراعة ـ **الفلاحة النبطية** ـ مؤلفاً في علم النبات أيضاً. ونظراً لأهمية النباتات في علاج الكثير من الأمراض صنف علما النبات والزراعة بين العلوم الطبية، إذ إن التغذية والعلاج هما أساس هذين العلمين. إن هدف المزارع هو تغذية الإنسان بينما هدف عالم النبات شفاؤه؛ ومن هنا ازدواجية المعنى لكلمة «فلاحة» في المؤلفات القديمة لأنها تشير إلى العناية بالأرض وبالنبات معاً(١).

لقد فصل أصحاب المعاجم العربية منذ زمن هذين العلمين، وذلك عندما أفردوا للنباتات دراسات وافية؛ لكن أصحاب المؤلفات الزراعية لم يستطيعوا سوى التخفيف من المعطيات الخاصة بالصفات الغذائية والميزات العلاجية التي تقدمها بشكل ملحوظ المخطوطات الأولى عن الزراعة في التربة.

إن كتاب **الفلاحة النبطية** الذي هو نموذج في هذا المجال ومصدر استقى منه الخلف يسمح، بالإضافة إلى فحواه الزراعية، أن نستخلص منه كتاباً في فن الطبخ ورسالة حول النباتات الطبية. كما نجد فيه أيضاً عرضاً نظرياً مسهباً عن تكون و«أسباب النباتات» في الخط نفسه الذي ترسمه مؤلفات أرسطو وتيوفراست(٢) في هذا المجال.

(*) أستاذ في جامعة ستراسبورغ.

قام بترجمة هذا الفصل سيف الدين الضناوي.

(١) انظر: Toufic Fahd, «Matériaux pour l'histoire de l'agriculture en Irak: *Al-Filāḥa al-nabaṭiyya,*» dans: *Handbuch der Orientalistik* (Leiden; Cologne: E. J. Brill, 1977), I, 6, pp. 276 - 377.

(٢) **الفلاحة النبطية**، حالياً تحت الطبع في دمشق. يصدر قريباً عن المؤسسة الفرنسية للدراسات العربية في دمشق. للحصول على عرض لمضمون هذا المؤلف، انظر: المصدر نفسه.

انفصل علم النبات تدريجياً عن الزراعة إثر ترجمة مصدرين يونانيين إلى العربية كانا أساس علم النبات عند العرب، عنينا **أسباب النباتات** لتيوفراست تلميذ أرسطو (حوالى ٣٧٢ ـ ٢٨٧ ق.م) والذي فقدت ترجمته العربية و**المادة الطبية** لديوسقوريدس وهو كاتب شرقي من القرن الأول من عصرنا الحاضر.

ومع ذلك علينا أن نعترف بأن علم النبات أصبح مع الدينوري، الذي كتب في الفترة التي حصلت فيها هذه الترجمات، علماً مستقلاً وبأنه شكل جزءاً من علوم اللغة، كثمرة طبيعية لمجمل الأبحاث التي باشر بها فقهاء اللغة العربية منذ أوائل القرن الثالث هـ/ التاسع م. هكذا يبدو على الأقل كتاب الدينوري الذي وصل إلينا مبتور البداية والذي أعاد كبار مؤلفي المعاجم العربية صياغته جزئياً ليشكل مع كتاب **الفلاحة النبطية** أساس دراسة علم النبات عند العرب.

علم النبات عند العرب

إن حدود إسهامنا هذا لا تسمح لنا أن نقدم دراسة وافية عن علم النبات عند العرب، فذلك يتطلب تكريس مجلد خاص. وسنكتفي هنا بلمحة عن المصادر وعن تصنيف وعلم حياة النبات وتشكلها.

١ ـ المصادر

أ ـ المصادر المعجمية

يعود اهتمام العرب بتأليف المعاجم إلى أواسط القرن الثاني هـ/ الثامن م. وأول من يذكر في هذا المجال: عيسى بن عمر الثقفي (ت ١٤٩هـ/ ٧٦٦م)، خليل بن أحمد الفراهيدي (ت ١٦٠هـ/ ٧٧٦م) وسيبويه (ت ١٦١ أو ١٧٧هـ/ ٧٧٦ أو ٧٩٣م) والكسائي (ت ٢٠٧هـ/ ٨٢٢م). أما الذين جمعوا المفردات اللغوية العائدة لعلم النبات فهم:

ـ أبو زيد الكلابي (ت ٢٠٤هـ/ ٨٢٠م) في **كتاب النوادر** حيث قسم النبات إلى شجر وعضاه (أشجار ذات أشواك) وعشب وأغلاث (نباتات مرة) وأحرار خضار تؤكل نيئة وأخرى ذات طعم مر خفيف (ذكور)... الخ.

ـ الأصمعي (ت: ٢١٦هـ/ ٨٣١م) في **كتاب النبات والشجر** حيث يعطي ٢٧٦ اسماً لنباتات. وكثيرة هي التسميات الجماعية مثل: ربل (وهي تسمية تشير إلى الأشجار التي تخضر في أواخر فصل الخريف بعد ليال باردة دون مطر) و«ربا» (الأشجار دائمة الخضرة كالخروب». ويقسم الأصمعي الخضار إلى: أحرار وذكور وحمض (نباتات مالحة مرة) وعضاه، ويعدد النباتات التي تنمو في مختلف مناطق الصحراء العربية (الحجاز، ونجد،

والسراة والبادية)[٣].

ـ ويعطينا أبو زيد الأنصاري (٢١٤هـ/ ٨٢٩م) في هذا المجال صورة كاملة عن نباتات الصحراء العربية معتمداً، كما سلفه، التبويب نفسه[٤].

ـ كما ألف ابن السكيت، أستاذ أبي حنيفة الدينوري، في هذا الموضوع كتاباً أتى على ذكره ابن سيده في كتابه **المخصص** أكثر من مئتي مرة. وكثيرون هم المؤلفون الذين ينسب إليهم **كتاب النبات والشجر** ولكن كتاباتهم لم تعرف إلا من خلال الدينوري الذي استعان بشكل وافر بأسلافه لإعداد **كتاب النبات**.

ـ وأبو حنيفة الدينوري (ت حوالى ٢٨٢هـ/ ٨٩٥م) هو مؤسس علم النبات عند العرب. ويعود الفضل في التعريف بكتاب هذا العالم النباتي الكبير إلى ب. سيلبربرغ خلال أطروحة نوقشت في بريسلو عام ١٩٠٨[٥] تحت عنوان:

Das Planzenbuch des Abū Ḥanīfa Aḥmed ibn Dā'ūd al-Dīnawarī, Ein Beitrag zur Geschichte der Botanik bei den Arabern.

يتألف **كتاب النبات** للدينوري حسب عبد القادر البغدادي[٦] من ستة أجزاء ضخمة لم يصلنا منها إلا الثالث[٧] والخامس[٨]. وأعاد محمد حميد الله تشكيل الجزء السادس استناداً إلى الأمثلة التي أخذها من المعاجم الكبيرة ومن العديد من الدراسات الوافية وجمع أوصافاً

---

(٣) يبدو أن **كتاب النبات** ليس للأصمعي، انظر: Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982), vol. 4, pp. 333 - 334,

حيث يذكر سيلبربرغ؛ انظر: B. Silberberg, «Das Pflanzenbuch des Abū Ḥanīfa Aḥmed Ibn Dā'ūd al-Dīnawarī, Ein Beitrag zur Geschichte der Botanik bei den Arabern,» (Dissertation, Breslau, 1908);

وقد ظهرت في أجزاء في: *Zeitschrift für Assyriologie:* Bd. 24 (1910), pp. 258-260, and Bd. 25 (1911).

(٤) Husayn Ibn Aḥmad Ibn Khālawayh, *Kitāb aš-Šağar. Ein Botanisches Lexikon zum ersten Male nach einer Berliner Handschrift ediert, mit Einleitung und Kritischen und Erörternden Anmerkungen Versehen,* Vorgelegt von Samuel Nagelberg (Kirchhain: N.-L. Schmersow, 1909).

(٥) صدر جزئياً، انظر: Silberberg, Ibid.، حيث يضم حوالى ٤٠٠ وصف لنباتات من كتاب الدينوري.

(٦) عبد القادر بن عمر البغدادي، **خزانة الأدب ولب لباب لسان العرب**، ٤ ج (القاهرة: المطبعة الميرية، ١٢٩٩)، ج ١، ص ١١، ١/ ١٨.

(٧) Bernard Lewin, «The Third Part of *Kitāb al-Nabāt* of Abū Ḥanīfa al-Dīnawarī,» *Orientalia Suecena,* vol. 9 (1960), pp. 131 - 136.

(٨) Abū Ḥanīfa Aḥmād Ibn Dā'ūd al-Dīnawarī, *The Book of Plants,* 5th part, edited by Bernard Lewin from the unique MS in the Library of the University of Istanbul, with an =

لـ ٦٣٧ نبتة من حرف س إلى حرف ي متمماً بذلك المعجم الأبجدي الذي نشره ب. لوين في الجزء الذي يبدأ بحرف «أ» وينتهي بحرف «ز»؛ وهكذا أصبح لدينا معجم كامل عن هذا البحث الكبير في علم النبات عند العرب(٩).

أما محتوى **كتاب النبات** للدينوري فيمكن تلخيصه استناداً إلى سيلبربرغ وحميد الله كما يلي:

بعد قسم أول عن المميزات الفلكية والأرصادية التي تتحدث عن السماء وعن مجموعة من النجوم والكواكب السيارة وبشكل خاص عن الشمس والقمر والمنازل القمرية التي تشير إلى الفصول والأمطار، خصص الدينوري بحثاً عن الأنواء (كواكب المطر) والظواهر الجوية (هواء، رعد، برق، ثلج، فيضانات، أودية، سواق، بحيرات، آبار ومنابع أخرى للمياه). ثم عالج موضوع الأرض والأحجار والرمال واصفاً مختلف أنواع التربة وملاءمتها لزراعة النباتات متحدثاً عن نوعية التربة الجيدة ومميزاتها.

بعد هذه المقدمة المسهبة التي نجد مثيلاً لها في المؤلفات الزراعية، شرع بوصف تطور النبتة منذ نشأتها حتى موتها متحدثاً عن مراحل نمو الأزهار والثمار وإنتاجها. ثم انتقل إلى الزروع(١٠) والكرمة والخمر والنخيل والبلح. وقد كرس عرضاً مفصلاً، استناداً إلى معلومات استقاها من السلف، لدراسة أشجار الجبال، السهول والصحاري، النباتات العطرة وتلك التي تستعمل للصباغة وصناعة المساويك والأخشاب المستخدمة في صناعة القداحات وألوان الرماد والدخان حسب مختلف أنواع الأخشاب والعسل والنحل والأخشاب التي تدخل في صناعة الأقواس والأسهم... الخ.

يتضمن مؤلف الدينوري حسب حميد الله قسمين غير متساويين: الأول يتألف من أربعة أجزاء وربع خصص لعلم النبات، والثاني يتألف من جزء وثلاثة أرباع يحوي معجماً أبجدياً ووصفاً موجزاً للنباتات.

يخصص الدينوري باباً لتصنيف النبات («تجنيس النبات») يأتي على ذكره خمس مرات

---

introduction, notes, indices and a vocabulary of selected words, Acta Universitatis Upsaliensis; = II, 10, 2 vols. (Uppsala: Lundequistska Bokhandeln; Wiesbaden: Harrassowitz, 1953 - 1974); 3rd part, edited by Bernard Lewin, v. 3; 5, pt. 1: Bibliotheca Islamica; Bd. 26.

(٩) معجم **علم النبات لأبي حنيفة الدينوري** الذي أعيد جمعه استناداً لما ذكر في الأعمال السابقة. انظر: Abū Ḥanīfa Aḥmād Ibn Dā'ūd al-Dīnawarī, *Le Dictionnaire botanique d'Abū Ḥanīfa al-Dīnawarī* ..., reconstitué d'après les citations des ouvrages postérieurs, édité par M. Ḥamīdullāh, Institut français d'archéologie orientale, textes et traductions d'auteurs orientaux; V (Le Caire: [s. n.], 1973).

(١٠) نباتات موسمية تزرع لحبوبها كالحنطة والشعير والقمح والأرز (Céréales). (المترجم).

في المجلد الخامس الذي نشره ب. لوين. وفي غياب هذا الباب يصعب علينا معرفة هذا التصنيف، مع العلم أننا نجد عنده ما جاء به السلف وبخاصة الأصمعي في تصنيف النبات إلى أشجار وأعشاب وخضار تؤكل نيئة، وأخرى ذات طعم مر خفيف ونباتات مالحة وحامضة ومرة، وأخرى زاحفة، وأشجار ذات شوك علوها متران إلى سبعة، وأشجار جبلية، ونباتات صحراوية. وهذا التصنيف كان شائعاً عند أسلافه خصوصاً عند الأصمعي.

إن إسهام الدينوري في علم النبات مهم جداً، وقد أشار ب. سيلبربرغ إلى أهميته وأصالته في كتابات تقريظ لخصها فؤاد سزجين (Fuat Sezgin)[١١]، فكان المنهل الذي استقى منه مؤلفو القواميس الكبرى أمثال **لسان العرب** و**تاج العروس** والمعاجم المشهورة مثل **المخصص** و**المحكم** لابن سيده، وكذلك أصحاب مؤلفات النباتات الطبية والغذائية كابن البيطار في كتابه **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**.

ب ـ المصادر الزراعية

تترافق هذه الوفرة في مصطلحات علم النبات مع عناصر نستشف منها منطلقاً لعلم التصنيف ولعلم التشكل البنيوي ولعلم البيئة وعلم الاجتماع النباتي والجغرافيا الحيوية، إضافة إلى عناصر نجدها في المصادر العائدة لعلمي الزراعة والنبات، التي كانت في المرحلة الأولى باللغات اليونانية، السريانية أو البهلوية، وترجمت إلى العربية خلال القرن الثامن والتاسع.

من بين المصادر القديمة المتعلقة بالزراعة في التربة، عرف العرب مجموعة **الجورجيكا** *(Georgika)* المنسوبة إلى ديموقريطس والذي طابقه م. أولمان (M. Ullmann) مع المنديسي (Bolos de Mendès) وهو كاتب من القرن الثاني قبل الميلاد[١٢]. ونجد مقاطع منها في مكتبة باريس الوطنية في المخطوطة العربية رقم (٢٨٠٢)، في مخطوطة بيزنطية للقرن السابع ـ الثامن[١٣]، وفي مخطوطة سريانية في المتحف البريطاني تعود تقريباً إلى القرن التاسع[١٤]. وقد ذكرها كثيراً المهندسون الزراعيون العرب ولا سيما الأندلسيون.

---

(١١) Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* vol. 3, pp. 338-343.

(١٢) Democritus, «Die *Georgika* des Democritos,» *Abhanlungen der Preuss. Akademie der Wissenschaften,* Philosophisch - Historische Klasse (1921), p. 104;.

هذه المطابقة معترض عليها من قبل كرول. انظر: W. Kroll in: *Hermes,* vol.69 (1934), p. 230.

لمزيد من التفاصيل، انظر: Sezgin, Ibid., vol. 4, pp. 310- 312.

(١٣) S. Oder, «Beiträge zur Geschichte der Landwirtschaft bei den Griechen,» *Reheinisch Museum,* Bd. 45 (1890), pp. 58 - 59.

(١٤) انظر: Paul Anton de Lagarde, «De Geoponica Versione Syriaca Commentatio (1855),» in: Paul Anton de Lagarde, *Gesammelte Abhandlungen* (Leipzig: F. A. Brockhaus, 1866), pp. 120 - 146.

عرف العرب أيضاً **مجموعة السيناغوجية** *(Synagogé)* لڤندانيوس أناتوليوس دو بريتوس، وهو كاتب من القرن الرابع ـ الخامس في عصرنا. وقد نقل إلى العربية تحت عنوان **كتاب الفلاحة**، الذي نجد في مشهد[١٥] مخطوطة عربية منه حسب سزجين. إنها مجموعة ضخمة غير معروفة إلا جزئياً[١٦] يذكرها المهندسون الزراعيون العرب بكثرة إما تحت اسم أناتوليوس أو ـ حسب «أولمان» ـ تحت اسم جونيوس[١٧].

أما المجموعة الثالثة المتعلقة بالزراعة في التربة التي عرفها العرب جيداً فهي **الجورجيكا** لكاسيانوس باسوس سكولاستيكوس، وهو كاتب من القرن السادس لعصرنا عرفت باسم كوستوس أو كاسيانوس ترجمها سرجيس بن هيليا الرومي حوالى ٢١٢هـ/ ٨٢٧م تحت عنوان **الفلاحة الرومية**، وذلك مباشرة من اليونانية إلى العربية. وهناك ترجمة أخرى غير مباشرة عن البهلوية[١٨] تحت عنوان **كتاب الزرع**، وهو ما نجده عند مؤلفين كالنضر بن شميل (ت ٢٠٣هـ/ ٨١٨م) وأبي عبيدة بن المثنى (٢٠٧هـ/ ٨٢٢م) وأبي حاتم السجستاني (٢٥٠هـ/ ٨٦٤م) وغيرهم. لقد استشهد المهندسون الزراعيون العرب بهاتين الترجمتين اللتين تمثلتا جيداً في مجموعة المخطوطات العربية. ونشرت الترجمة المباشرة في القاهرة عام ١٢٩٣هـ/ ١٨٧٦م[١٩].

إن كتاب **الفلاحة النبطية** هو أهم هذه المصادر المترجمة، وهو مؤلف ضخم ترجم من السريانية في نهاية القرن الثامن الميلادي[٢٠]، تتعدى دراسة النباتات فيه أكثر من نصفه. وطالما استمر فقدان الجزء المتعلق بعلم التصنيف في **كتاب النبات** للدينوري يبقى مؤلف

---

(١٥) انظر مخطوطة: Fonds Ridā رقم (٥٧٦٢)، ١٩١ ورقة، المؤرخة في ٧٣٢/ ١٣٣١. وقد اعتقد الأب بولس سباث (Paul Sbath) أنه اكتشف هذا المؤلف. انظر: *Bulletin de l'institut d'Egypte,* vol. 13 (1930 - 1931), pp. 47 - 54.

ولكن يبدو، حسب سزجين، أن الأمر إنما يتعلق بالأحرى بـ **كتاب الفلاحة**، المنسوب إلى باليناس (أبولونيوس التياني Apollonius de Tyane). انظر: Sezgin, Ibid., vol. 4, p. 315.

(١٦) G. Gmoll, *Untersuchungen über die Quellen, den Verfasser und die Abfassungzeit der Geoponica* (Berlin: [n. pb.], 1883), pp. 221 ff.

(١٧) Manfred Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* Handbuch der Orientalistik; I, VI, 2, (Leiden: E. J. Brill, 1972), p. 433.

(١٨) انظر: Carlo Alfonso Nallino, «L'Agricultura di Cassiano Basso Scolastico,» *Browne Festschrift* (1922), p. 433.

(١٩) لمزيد من التفاصيل، انظر: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* vol. 4, pp. 317 ff., and Ullmann, Ibid., pp. 433 - 437.

(٢٠) فيما يتعلق بالخلاف حول أصالة هذا المؤلف، انظر: Toufic Fahd, «Ibn Waḥshiya,» dans: *Encyclopédie de l'Islam,* 6 vols. parus, 2ème ed. (Leiden: E. J. Brill, 1960-).

وحول مضمونه انظر: Fahd, «Matériaux pour l'histoire de l'agriculture en Irak: *Al-Filāḥa al-nabaṭiyya,»* pp. 276-377.

الفلاحة النبطية الشاهد الأهم على غنى علم النبات عند العرب. وسنعتمد في دراستنا هذه، التصنيف المتبع في هذا المؤلف.

ج ـ المصادر في العلوم النباتية والعقاقير

فيما يلي أهم هذه المصادر:

نذكر أولاً **مؤلف النبات** *(Le Traité des plantes)*، الذي نسب إلى أرسطو، والذي شرحه نيقولا الدمشقي في القرن الأول قبل المسيح وترجمه إلى العربية ثابت بن قرة (ت ٢٨٨هـ/ ٩٠١م) ونقحه فيما بعد إسحق بن حنين (ت ٢٩٨هـ/ ٩١٠م). ولقد استعان به المؤلفون العرب في دراستهم لعلم وظائف النبات. أما النسخة الأصلية الإغريقية فقد فقدت. ونقلت الترجمة العربية إلى اللاتينية تحت عنوان: ***Liber de plantis***. ونشر عبد الرحمن بدوي[٢١] النص العربي عام ١٩٥٤ في القاهرة.

أما كتاب **أسباب النباتات** *(Causes des plantes)* لتيوفراست فقد يكون قد ترجمه كلياً أو جزئياً ـ كما يزعم ابن النديم[٢٢] ـ إبراهيم بن بكوس وهو طبيب من بغداد، من النصف الثاني للقرن الثالث الهجري/ التاسع الميلادي تحت عنوان: **أسباب النبات**. وهذه الترجمة مفقودة حتى اليوم. ويذكرنا بمحتوى كتاب تيوفراست هذا من نواح عدة بقسم كبير من كتاب **الفلاحة النبطية** الذي يتحدث عن علم وظائف وتشكل النبات. وكذلك الأمر بالنسبة للقسم الرابع من المؤلف المنسوب إلى أبولونيوس الطياني بعنوان **سر الخليقة**[٢٣]، ولفصل من **كتاب الكنوز** *(Livre des trésors)* لأيوب الإيديسي[٢٤] (Job d'Edesse).

ويكرس ديوسقوريدس، الكاتب من القرن الأول لعصرنا، من مواليد عين زرب في

---

(٢١) انظر: *Islamica,* 16, pp. 241 - 281.

لمزيد من التفاصيل، انظر: Ullmann, Ibid., pp. 71 ff., and Sezgin, Ibid., vol. 4, pp. 312 - 313.

(٢٢) انظر: Muḥammad Ibn Isḥāq Ibn al-Nadīm, *Kitāb al-Fihrist,* mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller, 2 vols. (Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871 - 1872), p. 252; édité par Rida Tajaddud (Téhéran: [s. n.], 1391/ 1971); traduction anglaise par: Bayard Dodge, ed. and tr., *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture,* Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83, 2 vols. (New York: Columbia University Press, 1970).

(٢٣) يحمل أيضاً عنوان **كتاب العلل** *(Livre des causes)*. انظر: بلينوس (الحكيم)، **كتاب سر الخليقة وصنعة الطبيعة: كتاب العلل**، تحقيق أورسولا وايسير، مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة العلوم الطبيعية؛ ١ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٧٩).

(٢٤) انظر: Ayyūb al-Ruhāwī, *Book of Treasures,* edited and translated by A. Mingana (Cambridge: Heffer, 1935).

كيليكيا، في كتابه **المادة الطبية** *(La Matière médicale)* قسماً كبيراً لعلم النباتات حيث يصنفها كما يلي: عطرية وغذائية وطبية وسامة. ويتحدث أيضاً عن تكون النباتات وعن علم وظائفها وتطورها، ولقد ترجم الكتاب إلى العربية وشرح مرات عدة، وتعود الترجمة الأولى منه إلى عصر المتوكل (٢٣٣ ـ ٢٤٧هـ/ ٨٤٧ ـ ٨٦١م)[٢٥].

تجدر الإشارة هنا إلى أن الأبحاث المتعلقة بالطب والعقاقير ساهمت إلى حد كبير في تطور علم النبات عند العرب. وينسب للخليفة المأمون (ت حوالى ٢١٨هـ/ ٨٣٣م) «رسالة في الطب والفلاحة» لم تنشر حتى الآن[٢٦]. ويخصص علي بن سهل بن ربّان الطبري (ت نحو ٢٤٠هـ/ ٨٥٥م) قسماً كبيراً لعلم النبات في عمله الموسوعي **فردوس الحكمة**، الذي يدور حول الفلسفة وعلم وظائف الأعضاء وعلم النفس والصحة والطب والصيدلة والمناخ وعلم الكون والفلك... الخ. وقد استخرج ڤيرنر شموكر (Werner Schmuker) ما تضمنته هذه الموسوعة حول «المادة الطبية والمعدنية»[٢٧] «La Matière médicale et minérale».

ويخصص ابن سينا (٩٨٠ ـ ١٠٣٧م) في رسالة **الطبيعيات** *(physica)* عرضاً مسهباً لعلم وظائف النبات. وهي تشكل الجزء (الفن) السابع من كتاب **الشفاء**[٢٨] الذي يتطرق إلى تركيب النباتات وأعضائها وتغذيتها والتمايز فيما بينها ووظائف الجذور والأغصان والأوراق والثمار والبذار والشوك والصمغ وإلى نباتات برية ومزروعة... الخ. وتأخذ ملاحظات ابن سينا حول علم النبات منحىً فلسفياً حيث يركز بوضوح على السبب والغاية. ويظهر فيها جلياً تأثير كتاب *Liber de plantis* المنسوب إلى أرسطو.

ونجد التأثير نفسه لأرسطو عند ابن باجه (أڤيمباس (Avempace) ت ٥٣٣هـ/ ١١٣٨م) وهو مؤلف شهير لكتاب عن علم العقاقير بعنوان **كتاب التجربتين**. ويخصص ابن باجه لعلم وظائف النباتات **كتاب النبات** *(Liber de plantis)* ويذكر أنواعها المتعددة ويصنفها

---

(٢٥) عن هذه الترجمات والتعليقات، انظر التفاصيل عند: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, , vol. 3, pp. 58 - 60, and A. Dietrich, *Dioscorides Triumphans - Ein Anonymer Arabischer Kommentar (Ende 12 Jahr. n. Chr.) zur Materia Medica*, 2 vols. (Göttingen: Vanderhock und Ruprecht, 1988).

(٢٦) انظر مخطوطة: Bursa, Ulucami, *Lughat* I, المؤرخة في ١١٢٧/ ١٧١٥، الأوراق ١٢٩ظ ـ ١٣٢ظ؛ انظر أيضاً: Hellmut Ritter, in: *Oriens* , vol. 2 (1949), pp. 241 - 242.

(٢٧) انظر: Werner Schmuker, «Die Pflanzliche und Mineralische *Materia Medica* im *Firdaus al-Ḥikma* des ʻAlī Ibn Sahl Rabbān al-Ṭabarī,» (Dissertation, Bonn, 1969),

وقد نشر كتاب **الفردوس**، م. ز. الصديقي، انظر: أبو الحسن علي بن سهل بن ربان الطبري، **فردوس الحكمة في الطب**، اعتنى بنسخه وتصحيحه من نسخة برلين والموزة البريطانية وغوتا ونسخة حكيم خواجه كمال الدين، محمد زبير الصديقي (برلين: آفتاب، ١٩٢٨).

(٢٨) من منشورات القاهرة. وحول المواضيع الأساسية لهذا الكراس، انظر: Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam*, pp. 78 ff.

إلى تامة وغير تامة (وهذه الأخيرة نباتات تنقصها الأعضاء الأساسية) ثم يسهب الكتابة عن جنسها (ذكورها وإناثها). وهذا الكتاب هو بشكل عام عرض غير منظم على غرار المؤلف المنسوب (ادعاءً) إلى أرسطو[٢٩] الذي استوحى منه.

وكتب ابن الجزار (ت ٣٦٩هـ/ ٩٧٩م) مؤلفاً عن النباتات الطبية عرف رواجاً كبيراً في العصور الوسطى لأنه ترجم إلى اللاتينية واليونانية والعبرية[٣٠].

وجمع ابن السمجون (ت ٣٩٢هـ/ ١٠٠٢م) فيما يشبه الموسوعة الطبية معلومات الأطباء العرب حول استعمال النباتات الطبية.

ويتألف كتابه **جامع الأدوية المفردة** بشكل أساسي من استشهادات أسلافه الكثر الذين اهتموا بالنباتات الطبية من ديوسقوريدس إلى ابن الكتاني مروراً بجالينوس وأدريباز وبولس الايجيني، وأرسطو المزعوم والدينوري وابن وحشية وابن ربّان الطبري ويحيى بن ماسويه واسحق بن عمران ويوحنا بن سرابيون والإسرائيلي والرازي وغيرهم[٣١].

كرس أبو القاسم الزهراوي (المعروف بـ أبولكاسيس أو ألبوكاسيس باللغة اللاتينية والمتوفى حوالى ٤٠٠هـ/ ١١٠٩م) مقطعاً للنباتات الطبية (الكتاب XXVII) من مؤلفه **كتاب التصريف** الذي نقل إلى اللاتينية بعنوان *Liber Servitoris*. وقدم عرضاً أبجدياً مع الكثير من المرادفات لهذه النباتات[٣٢].

وكتب ابن وافد (ت ٤٦٠هـ/ ١٠٦٨م) مؤلفاً عن العقاقير البسيطة (المفردة) ترجمه إلى اللاتينية جيرار دو كريمون بعنوان *Abenguefith de medicamentis simplicibus*[٣٣].

---

(٢٩) انظر: المصدر نفسه، ص ٨٠. وقد نشر **كتاب النبات** وترجمه إلى الإسبانية Miguel Asín Palacios، انظر: Miguel Asín Palacios, «Avempace Botánico,» *al-Andalus*, vol. 5 (1940), pp. 255-299.

(٣٠) المقصود **كتاب اعتماد الأدوية المفردة** ومن أجل الإطلاع على مضمونه، انظر:
L. Volger, «Der Liber fiduciæ de Simplicibus Medicinis des Ibn al-Jazzār in der Übersetzung von Stephanus de Saragosso,» Übertragen aus Handschrift München, Cod. Lat. 253 (Dissertation, Würzburg, 1941), and Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, vol. 3, pp. 304 ff.

(٣١) عن هذه الكتابة، انظر: P. Kahle, «Ibn Samjūn und seine Drogenbuch: Ein Kapitel aus den Anfängen der Arabischen Medizin,» *Documenta Islamica Inedita* (1952), pp. 25 - 44.

(٣٢) انظر: Sezgin, Ibid., vol. 3, pp. 323 ff., and Max Meyerhof, *Sharḥ asmā' al - 'uqqār (L'Explication des noms de drogues): Un glossaire de matière médicale composé par Maïmonide* (Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archéologie orientale, 1940), p. xxvi.

(٣٣) ترجمة طُبعت في ستراسبورغ عام ١٥٣١، وفي البندقية ابتداءً من عام ١٥٣٢؛ واستعملت مراراً في الغرب. يوجد مخطوطة من النص العربي في: الإيسكوريال (Escurial) رقم (٨٣٣). انظر:
Meyerhof, Ibid., p. xxvii.

وقام الغافقي بكتابة مؤلف عن النباتات الطبية كان الأساس لمعجم ابن البيطار(٣٤). وكتب أيضاً الشريف الإدريسي (ت ٥٦٠هـ/ ١١٦٥م) دراسة عن النباتات الطبية كان لها أثرها على ابن البيطار، قدم فيها مرادفات عن العقاقير في ٦ إلى ١٢ لغة وعدد النباتات الإسبانية البرتغالية والبربرية والسودانية.

وألف ابن ميمون، الفيلسوف الشهير والطبيب اليهودي، مصطلحاً عن المادة الطبية **شرح أسماء العقار**، نشره ماكس مايرهوف مع مقدمة مسهبة عن الكتابات العربية المتعلقة بالنباتات الطبية(٣٥).

ولقد تم إنجاز تركيب شامل لهذه الكتابات وغيرها في القرن السابع الهجري/ الثالث عشر الميلادي مع ابن البيطار (ت ٦٤٦هـ/١٢٤٨م) مؤلف أكبر موسوعة وصلتنا في علم العقاقير. لقد قدم ابن البيطار في كتاب **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية** حيث يقدم في ١٥٠٠ فقرة مجمل المعارف عن علم العقاقير في عصره، مستنداً إلى ديوسقوريدس وجالينوس، و**كتاب النباتات الطبية** للغافقي، ودراسات مفقودة حتى يومنا لأستاذه أبي العباس النباتي الملقب بابن الرومية (ت بعد ٦٣٦هـ/ ١٢٣٩م) والعديد من مؤلفات علم النبات والزراعة. أما عدد المؤلفين الذين ذكرهم فهو ١٥٠ تقريباً، والعقاقير ١٥٠٠، منها ٤٠٠ غير معروفة عند الإغريق أدخلها العرب فيما بعد على دستور الصيدلة(٣٦).

د ـ المصادر الجغرافية

ساهمت قصص الأسفار ووصف البلدان في إغناء المصطلحات النباتية عند العرب. وسبق أن تجلى ذلك في كتاب **الفلاحة النبطية** حيث نجد وصفاً مسهباً لأسفار آدم إلى بلاد الهند وجزيرة سيلان مع أوصاف عديدة وملاحظات عن النبات، بالإضافة إلى أنواع حملها معه إلى بلاد ما بين النهرين.

من بين الرحالة العرب الذين تضمنت كتاباتهم معطيات عن علم النبات نذكر على

(٣٤) انظر: Max Meyerhof, «Über die Pharmacologie und Botanik des Aḥmad al - Ghāfiqī,» *Archiv für Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaft,* Bd. 13 (1930), pp. 65 - 74, reprinted in: Max Meyerhof, *Studies in Medieval Arabic Medicine Theory and Practice,* edited by Penelope Johnstone (London: Variorum Reprints, 1984).

(٣٥) Meyerhof, *Sharḥ asmā' al- uqqār (L'Explication des noms de drogues): Un glossaire de matière médicale composé par Maïmonide,* pp. lxxvi - 69.

(٣٦) انظر: المصدر نفسه، ص xxxi وما يليها.

سبيل المثال ابن بطوطة (ت ٧٧٩هـ/ ١٣٧٧م) الذي قدم في كتابه **تحفة النظّار في غرائب الأمصار وعجائب الأسفار** المعروف بـ **رحلة ابن بطوطة**[٣٧] كل ما بدا له أنه جيد وغريب ومدهش في حقل النبات. وهكذا تكلم عن ثمار أصفهان الشهية مثل: المشمش والسفرجل والعنب والبطيخ[٣٨] والتنبول (نبات يمضغ كالعلاك) وجوز الهند (النارجيل) والعمان[٣٩] والكندر، وهي شجرة اللّبان الظفاري العطرة[٤٠]، ونبات ذي حبوب يشبه الذرة البيضاء يدعى الدوغي وهو الغذاء الأساسي لأتراك آذربيجان[٤١]، وبطيخ خوارزم الفاخر الذي يجفف في الشمس كالتين[٤٢] وأشجار الهند المثمرة: المنجا أو العنباء والشاكي والبركي وهي تشبه شجر الأبنوس والجومون (tchoumoum, djambou) والليمون الحلو والمهوة (bassia latifolia)... الخ[٤٣]. ويكلمنا ابن بطوطة أيضاً عن الحبوب التي يزرعها سكان الهند ليتغذوا بها: الخذرو، وهي نوع شبيه بالذرة البيضاء، والكال التي تشبه أيضاً الذرة البيضاء، والشاماخ (panicum colonum) والماش (phaeseolus max) والمون (mungo de clusius) واللوبياء، وهي نوع من الفول، والموت الذي يشبه الخذرو... الخ[٤٤].

أما «مالابار» البلد المنتج للبهار[٤٥] فيتحدث بخصوصها عن القرفة والبقم[٤٦]. وأهم أشجار جزر مالديف هي: جوز الهند والنخيل والجومون والليمون الحامض والقلقاس[٤٧]. وأهم المنتوجات النباتية لجزيرة «جاوه» هي: صمغ جاوه أو لبان جاوه والكافور والألوة (العود الذي يبخر به) وكبش القرنفل[٤٨]... الخ.

---

(٣٧) انـظـر: Abū ʻAbd Allah Muḥammad Ibn Abd Allah Ibn Baṭṭūṭa, *Voyages d'Ibn Batoutah*, texte arabe accompagné d'une traduction française par C. Defrémery et B. R. Sanguinetti; préface et notes de Vincent Monteil, 4 vols. (Paris: Anthropos, 1968), réimprimé de l'édition de: (Paris: Imprimerie nationale, 1854 -).

(٣٨) المصدر نفسه، مج ٢، ص ٤٤.

(٣٩) المصدر نفسه، مج ٢، ص ٢٠٤ و٢٠٦.

(٤٠) المصدر نفسه، مج ٢، ص ٢١٤.

(٤١) المصدر نفسه، مج ٢، ص ٣٦٤.

(٤٢) المصدر نفسه، مج ٣، ص ١٥.

(٤٣) المصدر نفسه، مج ٣، ص ١٢٥ وما يليها.

(٤٤) المصدر نفسه، مج ٣، ص ١٣٠ وما يليها.

(٤٥) المصدر نفسه، مج ٤، ص ٧١.

(٤٦) المصدر نفسه، مج ٤، ص ٩٩.

(٤٧) المصدر نفسه، مج ٤، ص ١١٣.

(٤٨) المصدر نفسه، مج ٤، ص ٢٤٠ وما يليها.

ويمكننا الحصول على مثل هذه المعطيات في الكثير من روايات الأسفار والكتابات الجغرافية. وتفيد مثل هذه الروايات أن منطقة من العالم الإسلامي في القرون الوسطى (كصقلية مثلاً) كانت تقسم إلى منطقتين محرجتين: «الإتنة» و«الأپينينو». وتشرف هذه الأخيرة على «سيغالو» وتكثر فيها أنواع الخشب الذي يستعمل في صناعة السفن(٤٩). وقد أثنى الناسك «نيل» في كتابه **حياة س. فيلاريتو** على أرز صقلية وسروها وصنوبرها المستقيم والمهيب؛ وهي أشجار تستعمل أغصانها في صناعة المشاعل لوفرة المادة الصمغية فيها. ويتحدث البكري وياقوت عن منتوجات خصبة في الجنائن والحقول والمراعي. فالثمار متوفرة دوماً في الشتاء كما في الصيف. ويخبرنا ابن حوقل الذي زار صقلية في عام ٣٦٢ ـ ٣٦٣هـ/ ٩٧٢ ـ ٩٧٣م بأن الزعفران ينبت فيها تلقائياً، وأن القطن والقنب يزرعان في «جياتيني»؛ وقد أعجب كثيراً بنسيج قطن صقلية. كما ويؤكد أن أنواع الخضار البقلية فيها كثيرة ومتنوعة، وقد أدخل العرب إليها زراعة البرتقال وغيره من الحمضيات التي تتصدر اليوم لائحة الإنتاج التجاري في صقلية؛ كما يعود الفضل إليهم أيضاً في زراعة قصب السكر والنخيل والتوت. ويتكلم الإدريسي عن وفرة حرير «س. ماركو» في «ڤال ديمون». وتجدر الإشارة إلى بصل صقلية الذي يعزو إليه ابن حوقل أثره السلبي في ذكاء سكان صقلية. وقد وصف البكري نوعاً من بصل صقلية وصل إلى تونس على أنه بحجم البرتقالة، طويل الشكل، رقيق القشرة وكثير العصارة سماه «القلَوْري». وهذا النوع حسب م. عمري هو «Cipuda di Calavria». وأخيراً هناك زهرة من المحتمل أن تكون الخبازة الزهرية (Mauve rose) سماها عرب صقلية «الخبازة الصقلية»(٥٠).

إن الاستفادة من غنى الأدب الجغرافي عند العرب ومن سير الأسفار العديدة تسمح بشكل أفضل بتقييم إسهام العرب في دراسة علم النبات وتقدمه.

---

(٤٩) انظر: «Ṣiqilliyya,» in: Ibn ʻAbd Allāḥ Yāqūt al-Ḥamawī, *Irshād al-arīb ilā maʻrifat al-adīb; or, Dictionary of Learned Men of Yāqūt,* edited by D. S. Margoliouth, E.J.W. Gibb Memorial Series; VI, 7 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1907-1927),

آتياً على ذكر المدعو «أبو علي».

(٥٠) انظر: Abū al - Qāsim Muḥammad Ibn Ḥawqal, *Ṣūrat al-arḍ* (Leiden: E. J. Brill, 1938 - 1939), réimprimé: introduction et traduction avec index par J. H. Kramers et G. Wiet, Unesco d'œuvres représentatives, série arabe, 2 vols. , 2ème éd. (Paris: Maisonneuve et Larose, 1964 - 1965), et Michele Amari, *Storia dei Musulmani di Sicilia,* 2nd ed. revised and completed by Carlo Alfonso Nallino, Biblioteca Siciliana di Storia, Letteratura ed arte, 3 vols. (Catania: R. Prampolini, 1933 - 1939).

٢ ـ تصنيف النبات

يبقى كتاب **الفلاحة النبطية** المرجع الأساسي والنموذج للمهندسين الزراعيين العرب لأنه يبدو الأغنى والأشمل في تصنيف النبات، لذلك اعتمدناه هنا في هذا المجال.

ويحدد كاتبه المعطيات السبعة التي يجب تقديمها بالنسبة لكل نبات:

ـ الوصف؛ ـ التربة الملائمة؛ ـ تاريخ الزرع والقطاف؛ ـ طريقة الزرع؛ ـ العناية المطلوبة؛ ـ الرياح والفصول الملائمة؛ ـ الأسمدة العضوية الملائمة والعلاج المطلوب؛ ـ المنافع والمضار؛ ـ الخصائص[٥١].

وتصنف مادة النبات على الشكل التالي:

أ ـ النباتات المزهرة والعطرة

وهنا يصف المؤلف عشر نباتات:

ـ **البنفسج**: يصف الكاتب طرق الزرع (مع رسوم) وتسريع أوان الإزهار، كما يصف الاستعمال وخاصة في صناعة شراب البنفسج. يعدد خصائصه الطبية ويشير إلى طبيعة التربة الصالحة له ويصف الأمراض التي يتعرض لها»[٥٢].

ـ **المنثور** (الخيري): طريقة زرعه؛ أنواعه وطريقة صناعة الزيت الأساسي (الدهن) منه[٥٣].

ـ **السوسن**: تتوفر أربعة ألوان منه؛ طريقة زرعه وخصائصه الطبية[٥٤].

ـ **اللينوفر** أو «**عرائس النيل**»: نبات هندي ذو خصائص طبية معرض لمرض الاصفرار (آفة النجوم).

ـ **النرجس**: طريقة الزرع وخصائصه المدهشة[٥٥].

---

(٥١) نجد كافة المعطيات بالنسبة لكل من النباتات الموصوفة. نشير على نحو مبسط إلى أهم النقاط التي عولجت.

(٥٢) انظر: Al-Dīnawarī, *The Book of Plants,* no. 94.

(٥٣) المصدر نفسه، رقم ٣٤٦.

(٥٤) المصدر نفسه، رقم ٥٥٢.

(٥٥) المصدر نفسه، رقم ١٠٤٣.

اصل البنفسج الابيض بهمن قطع اصولية في قدر



الجزر الصغار منه ابيض ومنه
احمر وهو اقوى حار في الثانية
يابس في الاولى مسمن يقوي القلب وينفع الخفقان
البارد ويزيد في الباءة والمني ويخرج الحصى الشربة
درهم بدله مثله تودري ونصفه لسان العصافير



بلاذر ثمرة هندية شبيهة
بنوى التمر الهندي واكبر منه
قشره متخلخل فيه عسل لذاع
ذو الرائحة حار يابس في الرابعة
محرق مفرح مورم سم يحدث الجنون والوسواس
السوداوي وينفع الامراض الباردة كالفالج واللقوة
والنسيان اذا اخذ معجونه المسمى انقرديا ومن

الصورة رقم (٢٤ ـ ١)

عبد الرشيد بن صالح، الكافي في الأدوية

(طهران، مخطوطة مالك، ٥٩٥٧).

نجد في هذا الكتاب ترتيباً أبجدياً للنباتات المختلفة مع وصفها ورسمها واستعمالها الطبي، فهو يُعد تلخيصاً لمراجع علم النبات.

وفي الصورة نرى البنفسج والبلاذر.

ـ **الأقحوان**: الوصف؛ استخراج زيت الأقحوان؛ الخصائص[٥٦].

ـ **الياسمين والنسرين**: نباتان متشابهان يوجد كل منهما بلونين مختلفين؛ طريقة الزرع واستخراج الزيت[٥٧].

ـ **الآذريون**: وصف؛ مقارنة مع النينوفر؛ أو اللينوفر، خصائصه[٥٨].

ـ بهار أو «**ورد الحمار**»: طريقة الزرع والخصائص[٥٩].

ـ **الخزامى**: «عشبة الحب» كوردة الحمار وتتجانس معها كما الحال مع الآذريون[٦٠].

نباتات عطرة أخرى: الورد والكاكنج والخلاف (البلخي) وزهرة ختم المجوس وهي نوع من الياسمين والمرو أو المردقوش بزهره الأزرق والأبيض ونباتات تشبه أزهارها الصفراء العصافير أو غيرها من الطيور والشقائق. . . الخ[٦١].

إن مجموعة النباتات هذه تظهر لنا وجه الشبه فيما بينها. ويأتي لاحقاً ذكر نباتات عطرة أخرى.

وقد وصف مؤلف كتاب **الفلاحة النبطية** بعض النباتات العطرة التي تنبت في الصحراء إثر أمطار جارفة، مثل الكعو والديمران[٦٢]، والهوجام[٦٣].

ب ـ أشجار صغيرة (جنبات) عطرة وأشجار زينة

وهنا يصف ثلاثاً وعشرين نبتة:

---

(٥٦) المصدر نفسه، رقم ١٤.

(٥٧) المصدر نفسه، رقم ١١١٠؛ ١٠٨٥: «الورد الجبلي».

(٥٨) أبو محمد عبد الله بن أحمد بن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ٤ ج في ٢ (القاهرة؛ بغداد: مكتبة المثنى، ١٢٩١هـ/ ١٨٧٤م)، ج ١، ص ١٦. انظر أيضاً الترجمة الفرنسية له، في:

Traité des simples, traduction française par Lucien Leclerc, 3 vols. (Paris: Imprimerie nationale, 1877- 1883).

(٥٩) انظر: Al-Dīnawarī, Ibid., no. 698: «'Arār».

(٦٠) المصدر نفسه، رقم ٣٤١: «خزامى».

(٦١) المصدر نفسه، رقم ١٠٨٤: «ورد»؛ رقم ٣١١: «خطمية»؛ رقم ٦٨٠: «كاكنج»؛ رقم ٣٠٥: «خلاف»؛ رقم ١٠١٨: «مارو»، ورقم ٥٨٩: «شقائق». انظر أيضاً: ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٢، ص ١٤٨، «زهرة المجوس ـ مارانيا».

(٦٢) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 658.

(٦٣) المصدر نفسه، رقم ٢٣١.

ـ **الآس**: (سيد النباتات العطرة) طوله يوازي الشجرة؛ وصفه وأنواعه وخصائصه الطبية. يستعمل في تحنيط الجثث ويستخرج منه زيت أساسي له تأثير ضد السحر(٦٤).

ـ **الغار**: التربة والرياح الملائمة؛ تآلفه مع الأترج؛ خصائصه؛ حوار مع حارس بستان(٦٥).

ـ **الخروع**: وصف؛ خصائص طبية؛ ظله المفيد للنباتات الصغيرة.

ـ **«خطمي» أو خطمية سوريا**: أمراض وعلاج؛ طبيعة وخصائص متعددة؛ اختلافها عن اليبروح(٦٦).

ـ **البطم**: وصفه؛ طبيعته، تآلفاته مع الآس؛ خصائصه الطبية(٦٧).

ـ **البرباريس**: نبتة من بابل وخراسان؛ الوصف وطريقة الزرع؛ المنافع الجمة؛ الطبيعة والخصائص(٦٨).

ـ **الزعرور**: وصف؛ ميزات؛ أمراض(٦٩).

ـ **الأزادرخت** (مثل الزعرور) طريقة الزرع؛ الخصائص (علاج الشعر).

ـ **الدلب**: من الأشجار غير المثمرة(٧٠)؛ وصفه؛ خصائصه؛ عدة أساطير حوله(٧١).

ـ **الخلاف**: الوصف؛ طريقة الزرع؛ الخصائص؛ المنافع لنباتات أخرى. وهو شجرة زينة (من صنف أشجار تدعى: شجر القحاب)(٧٢).

ـ **العشار**: شجرة البلاد الحارة؛ الوصف؛ سكر العشار؛ التربة والرياح الملائمة؛ الأمراض والعلاج(٧٣).

---

(٦٤) المصدر نفسه، رقم ١٠.
(٦٥) المصدر نفسه، رقم ٧٧٩.
(٦٦) المصدر نفسه، رقم ٣١١، ورقم ١١١١.
(٦٧) المصدر نفسه، رقم ٧٤.
(٦٨) المصدر نفسه، رقم ٥٤: «إثرار».
(٦٩) المصدر نفسه، رقم ٤٧٥.
(٧٠) انظر لاحقاً، ص ١٠٠ وما بعدها.
(٧١) المصدر نفسه، رقم ٣٨٣.
(٧٢) المصدر نفسه، رقم ٣٠٥.
(٧٣) المصدر نفسه، رقم ٧١١.

ـ **الدردار**: الوصف والخصائص.

ـ **سنديان قرمز**: أصله من بيزنطة؛ وصفه. هو من شجر المناطق الباردة.

ـ **العَيشوم**: شجرة مؤقتة سريعة الزوال؛ وصفها؛ أزهارها شبيهة بورود ري، ذات رائحة زكية. تستعمل في صناعة الأقواس والحبال. طبيعتها وطرق العناية بها[(٧٤)].

ـ **الموز**: نبتة البلاد الحارة؛ تحمل قرطاً واحداً من الموز في السنة وتتطلب الكثير من العناية؛ الأمراض والعلاج[(٧٥)].

ـ **النارنج**: (البرتقال المر) أصله بلاد الهند؛ الوصف، العلاج؛ الزيت الأساسي[(٧٦)].

ـ **الأترج**: (الشجرة الصافية) الوصف؛ الخصائص، العناية المطلوبة؛ التطعيم؛ الميزات الطبية المتعددة[(٧٧)].

ـ **شجرة الليمون الحامض** أو «الحسبنا»: التجانس مع النارنج والأترج؛ التربة والعناية الملائمة؛ الميزات الطبية[(٧٨)].

ـ **الدفلى** (الشجرة المباركة): دهنيات سامة؛ الوقاية من الأمراض[(٧٩)].

ـ **الخرنوب الشامي**: وصفه؛ تعطي الشجرة ثماراً صغيرة جداً في أرض بابل؛ ميزاته، بعض الأساطير المرتبطة به؛ حوار بين الخروب الشامي والدردار.

ـ **الغبيراء**: وصفها؛ نبتة برية أصلها بلاد الهند؛ تستعمل في السحر كاليبروح والخطمية؛ رائحة أزهارها تثير الشهوة عند النساء؛ خصائصها[(٨٠)].

ـ **شجرة إبراهيم**: وصفها؛ شجرة لتزيين المنازل، مميزة في سورى في بلاد بابل؛ من هنا الاسم شجرة إبراهيم؛ خصائصها العديدة والمدهشة؛ تآلفها مع اليبروح وسراج

(٧٤) المصدر نفسه، رقم ٧٧٦.

(٧٥) وصف مسهب في: المصدر نفسه، رقم ١٠٤٦.

(٧٦) انظر: ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٢، ص ١٧٤ حيث ذكر كتاب **الفلاحة النبطية**.

(٧٧) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 46.

(٧٨) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ١١٨ ـ ١٢٢: «ليمون».

(٧٩) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 377.

(٨٠) المصدر نفسه، رقم ٧٨٣.

القطرب؛ فعاليتها في فن التجميل.

ـ **العوسج**: يستعمل كسياج للأراضي. الخصائص الطبية للنباتات الشوكية كالعوسج، الشوك، الباداورد، الحسك والخرشف البري.

ويصف مؤلف كتاب **الفلاحة النبطية** في فئة الشجيرات البرية عناب الشرق(٨١)، الكبر(٨٢)، العرق(٨٣)، الطرفاء أو الأثل(٨٤)، التين البري(٨٥)، النبع(٨٦)، الموز البري(٨٧)، الأقاقيا فورسكال(٨٨)، القيصوم(٨٩)، الطفرة(٩٠)، العرعر(٩١)، الراسن اللزج(٩٢)، الشبث البري(٩٣)، اليسر الدهني(٩٤)، الينبوت(٩٥)، الحلفاء(٩٦)، البردي(٩٧)، الألوة(٩٨)، شجرة التمر هندي أو الصبار(٩٩)... الخ.

ولم نأت على ذكر سوى قسم قليل من النباتات البرية المبينة في كتاب **الفلاحة النبطية** وفي كتاب الدينوري، نظراً لصعوبة التحقق من نوعها.

---

(٨١) المصدر نفسه، رقم ٥٠٢: «السذر».
(٨٢) المصدر نفسه، رقم ٩٢٨: «كبر».
(٨٣) المصدر نفسه، رقما ١ ـ ٢: «عرق/إشيل».
(٨٤) المصدر نفسه، رقم ٤: «أثل».
(٨٥) المصدر نفسه، رقم ١٢٥: «التين البري».
(٨٦) المصدر نفسه، رقم ١٠٥٥: «Chadara tenax».
(٨٧) المصدر نفسه، رقم ٦٦٩: «طلح».
(٨٨) المصدر نفسه، رقم ٥٣٥: «السمر».
(٨٩) المصدر نفسه، رقم ٩٢٢: «القيصوم».
(٩٠) المصدر نفسه، رقم ٦٠١: «الشيح».
(٩١) المصدر نفسه، رقم ٧٠١: «عرعر».
(٩٢) المصدر نفسه، رقم ٦٦١: «طباق».
(٩٣) المصدر نفسه، رقم ٥٦٥: «شبث».
(٩٤) المصدر نفسه، رقما ٧٥ و٥٩٧: «بان» أو «شوع».
(٩٥) المصدر نفسه، رقم ١١١٨: «الينبوت».
(٩٦) المصدر نفسه، رقم ٢٥١: «حلفاء».
(٩٧) المصدر نفسه، رقم ٧٨: «بردي».
(٩٨) المصدر نفسه، رقم ٦١١: «صبر».
(٩٩) المصدر نفسه، رقم ٦١٠: «صَبَّار».

ج ـ الأشجار المثمرة

يخصص كتاب **الفلاحة النبطية** ثلاثة فصول لشجرة الزيتون (في أول الكتاب) وللكرمة (في الوسط) وللنخل (في النهاية)؛ وهي تشكل رسائل حقيقية تدرس طرق الزرع والعناية والخصائص والمنافع لهذه الأشجار التي تحتل مكانة مهمة في فن الزراعة. ويخصص بعدها جزءاً طويلاً لباقي الأشجار المثمرة. وفيما يلي أهمها:

(١) ثمار ذات غلاف جاف:

ـ **الرمان**: طريقة زرعه؛ التغيرات في مذاق ثمره، فوائده وخصائصه؛ أمراضه[١٠٠].

ـ **الجوز**: وصفه؛ زراعته؛ خصائصه الغذائية والطبية؛ مضاره للحنجرة والفم؛ فوائده[١٠١].

ـ **الجوز الهندي**: وصفه، أصله بلاد الهند؛ خصائصه الغذائية والطبية[١٠٢].

ـ **اللوز**: الحلو والمر؛ زراعته؛ الخصائص الطبية للنوع المر.

ـ **البندق**: شجرة برية؛ تزرع أيضاً في البساتين؛ طريقة الزرع؛ الخصائص.

ـ **الفستق**: زراعته؛ سرعة فساده؛ خصائصه الغذائية والطبية[١٠٣].

ـ **البلوط**: شجرة برية؛ الخصائص الطبية لثمارها.

ـ **الكستناء (شاهبلوط)**: شجرة برية تزرع في البساتين؛ خصائصها الغذائية والطبية.

(٢) ثمار ذات غلاف لحمي:

المشمش: الزراعة؛ الخصائص (للحمى)؛ الفائدة منه.

ـ **الخوخ**: له خصائص المشمش وطريقة زرعه؛ مطهر فعال[١٠٤].

ـ **الإجاص**: طريقة زرعه تشبه ما تقدم؛ هو حامض الطعم في بابل؛ أنواعه متعددة؛ خصائصه وأضراره[١٠٥].

---

(١٠٠) المصدر نفسه، رقم ٤٥٥.
(١٠١) المصدر نفسه، رقم ١٦٥.
(١٠٢) المصدر نفسه، رقم ١٠٥٣: «س. نارجيل».
(١٠٣) المصدر نفسه، رقم ٨٢٥.
(١٠٤) المصدر نفسه، رقم ٣٤٠.
(١٠٥) المصدر نفسه، رقم ٤٩.

ـ **الشهلوج**: هو نوع من الإجاص، لكنه يختلف كثيراً عنه وهو أقل ضرراً.

ـ **العناب**: هناك أسطورة حول أصله؛ خصائص طبية لشرابه[١٠٦].

ـ **النبق**: بري ويزرع في البساتين؛ أنواعه مختلفة مع أو من دون نواة. معمر كالزيتون والنخل؛ أضراره؛ حوار بين نبقتين.

ـ **برقوق البر** (الإجاص الجبلي): وصفه؛ حامض الطعم؛ يستعمل عصيره في الطبخ.

ـ **القطلب**: بري ويزرع في البساتين؛ خصائصه الغذائية والأضرار.

ـ **القراصيا**: أصلها من ضفاف نهر الأردن «شجرة بلاد كنعان»؛ يصنع منها مربى.

ـ **التين**: أنواع عديدة تتميز بألوانها؛ الوصف؛ طريقة الزرع؛ العناية؛ الخصائص الغذائية؛ أضرار يجب تجنبها[١٠٧].

الجميز: الأضرار والعلاج[١٠٨].

ـ **الكمثرى**: أنواع عديدة؛ علاج ضد الفساد السريع للثمار بهدف الحصول على فاكهة أكثر جمالاً وألذ طعماً؛ خواص جد مغذية؛ يمكن تحسينه بواسطة التطعيم؛ لديه خواص طبية وكذلك مضار[١٠٩].

ـ **السفرجل**: شجرة برية وتزرع في البساتين؛ طعمه حاد، يستعمل في تحضير مبيد الحشرات؛ خصائصه الغذائية؛ المربى.

ـ **التفاح**: متنوع الطعم؛ عصيره مفيد؛ زيادة إنتاجيته؛ خصائصه الغذائية (يقوي القلب ويضر الدماغ لذلك يدعى: «عدو العقل»).

ـ **التوت**: متنوع الطعم واللون؛ طرق زرعه (بواسطة براز العصافير)؛ العناية به؛ خصائصه[١١٠].

ـ **الصنوبر**: صنفان من شجر الصنوبر، كبير وصغير؛ مستورد من سوريا؛ دواء أكثر منه غذاء؛ خصائصه الطبية[١١١].

---

(١٠٦) المصدر نفسه، رقم ٧٥٤.

(١٠٧) المصدر نفسه، رقم ١٢٥.

(١٠٨) المصدر نفسه.

(١٠٩) المصدر نفسه، رقم ٦٧.

(١١٠) المصدر نفسه، رقم ١٢٧.

(١١١) المصدر نفسه، رقم ٦٣٠.

ـ **المحلب** أو «**الكرز البري**» : شجرة برية تزرع في البساتين؛ وصفها؛ تستعمل حبوبها (محلب) في العطور والأدوية؛ زيته عطري ذو خاصة طبية؛ يستخدم في الطبخ(١١٢).

ـ **التنوب**: وصفها؛ تنتج مادة بيضاء في غلاف رمادي عند العقدْ؛ تستعمل في تركيب الأدوية وإذا ما حضرت فهي تستخدم كغذاء(١١٣).

ـ **الحبلْتا**(١١٤): شجرة برية وتزرع في المدن؛ وصفها؛ تعطي حبوباً بحجم ثمر الفستق الصغير؛ ذات أغشية كثيفة تصبح بيضاء عند تحميصها. تستعمل في علاج أمراض الفم. وإذا ما نزعنا غلافها يمكن عندها تناول حبوبها المحمصة مع الشراب كما اللوز والفستق؛ خصائصها.

ـ **الأرزة**: وصفها؛ تحمل ثمارها حبوباً كالحمص سوداء اللون من الخارج وصفراء من الداخل؛ عند تحضيرها في البلاد التي تندر فيها الثمار يمكن تناولها مع العسل على الرغم من رائحتها الكريهة؛ تشبه كثيراً الصنوبر المذكر منتج القطران(١١٥).

ـ **الفلزهرج**: وصفها؛ ثمرتها بحجم وكبر حبة الحمص؛ حمراء اللون ذات حبة واحدة؛ خصائصها الطبية(١١٦).

ولم يؤت على ذكر النخل في هذا الجدول لأن هناك كتابة مسهبة خصصت له في نهاية هذا المؤلف. كذلك هي الحال بالنسبة إلى **الكرمة** التي أفرد لها قسم طويل ضمن هذه المجموعة.

---

(١١٢) المصدر نفسه، رقم ١٠٠٧: «محلب».

(١١٣) المصدر نفسه، رقم ١٢٨.

(١١٤) نوع من الأقاقيا. «الحُلبا» تعني ثمار الأشجار ذات الشوك. انظر: المصدر نفسه، رقم ٢٥٤.

(١١٥) المصدر نفسه، رقم ٥: «أرز». بعد شجرة الأرز يذكر الكاتب «السرو الفضي» (الشربين) ليس لكونه شجرة مثمرة إنما بسبب القطران الذي ينتجه كما هي حال الصنوبر الذكري الذي أتينا على ذكره في العنوان السابق. حول خصائص القطران الطبية، انظر: ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٣، ص ٦٠ ـ ٦٢.

(١١٦) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٢، ص ١٧٣: «فلزهرج»؛ انظر أيضاً:

Al-Dīnawarī, Ibid., no. 286: «Ḥuḍaḍ».

يعطي مؤلف **الفلاحة النبطية** ثمانية أسماء أيضاً لأشجار من هذا الصنف، ذات تناغم أرامي لم أتمكن من معرفتها حتى الآن.

د ـ الأشجار غير المثمرة

ـ **القيقب**: شجرة سوريا وبلاد اليونان؛ تستعمل في المصنوعات الخشبية.

ـ **الحور النبطي**: اسم أعطاه المؤلف للصفصاف والخلاف أو الشلف[١١٧]. ومن المحتمل أن المقصود هو حور نهر الفرات أو صفصاف بابل (غرب)؛ وصفه وخصائصه[١١٨].

ـ **الشوحط** (النبع (grewia populifolia ou chaderatenax): خشبه أبيض تتخلله عروق سوداء؛ يستعمل في صناعة مقابض السكاكين[١١٩].

ـ **الطقسوس** (الزرنب): توجد هذه الشجرة بكثرة في سوريا؛ لها رائحة قوية؛ خشبها ذو عروق حمراء.

ـ **السنديان**: وصفه؛ الخشب وطرق استعماله؛ يشبه البلوط[١٢٠] بورقه وخشبه.

ـ **القستوس** (قسط): ينمو في الهند وغرب الجزيرة العربية، ما ينبت منه في سوريا أقل جودة؛ وصفه؛ يستعمل في التبخير الزراعي والقرابين التي تقدم للآلهة وفي صناعة العطور؛ خصائصه[١٢١].

ـ **القرفة** (السليخة): متعددة الأنواع؛ وصفها؛ لها رائحة طيبة وطعم حاد؛ مستوردة من غرب الجزيرة العربية؛ تستعمل في الطبخ والصيدلة[١٢٢].

---

(١١٧) حول «الخلاف» انظر ما تقدم ص ٩٥.

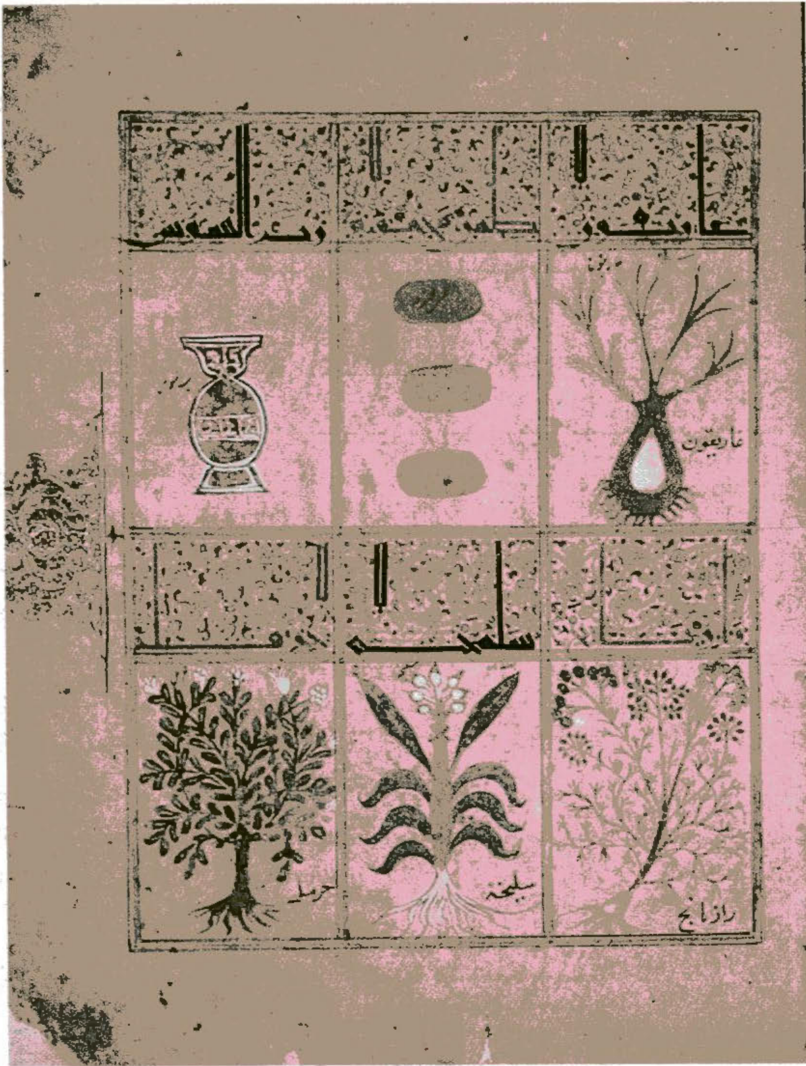
(١١٨) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 305: «Khilāf,» and no. 550: «Sawjar».

(١١٩) المصدر نفسه، رقم ٥٩٦.

(١٢٠) يشير البلوط إلى سنديان «العفص» وثماره صالحة للأكل، في حين أن السنديان يشير إلى السنديان القوي. يعطي الكاتب هنا ثلاثة أسماء لأشجار تنمو في بلاد بابل لم نتمكن من تحديد هويتها. انظر: المصدر نفسه، رقم ٧٢٨: «عفص».

(١٢١) ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٤، ص ١٨ ـ ١٩.

(١٢٢) المصدر نفسه، ج ٣، ص ٢٥ وما يليها.



الصورة رقم (٢٤ ـ ٢)

جالينوس، كتاب الترياق، شرحه يحيى النحوي

(باريس، مخطوطة المكتبة الوطنية، ٢٩٦٤).

نسب هذا الكتاب ـ الذي يحتوي على دراسة «الأدوية المركبة» ـ إلى جالينوس، ولكن من الواضح أنه من أعمال العلماء المتأخرين.

نسخت هذه المخطوطة بعناية فائقة، ورسمت رسوماتها أيضاً بعناية.

وهنا، نرى نبتة السليخة (القرفة) في وسط القسم الأسفل من الصورة.

ـ **الهال أو القاقلة** (همامى): تنبت في كردستان؛ تستعمل في مجال الصيدلة ولها خصائص طبية متعددة (الأمومون) حسب ديوسقوريدس.

ـ **الناردين فو** (فو): عطره كما مذاقه طيب وحاد يشبه الزنجبيل؛ يستعمل في الصيدلة(١٢٣).

ـ **الليمونية أو الأسل العطري** (إذخير): تنبت وتنمو في الحجاز على شكل أجمة(١٢٤).

ـ **الربكشانا؟**: تنبت في بابل؛ ذات أشواك تستخدم في صناعة العطور(١٢٥).

ـ **شجرة المر** (مر): شجرة عربية ذات أشواك؛ وصفها؛ تستعمل في صناعة العطر والصيدلة؛ خصائصها؛ يستخدم خشبها في التبخير الزراعي(١٢٦).

ـ **اللبان أو شجرة البخور** (كندر): يجفف صمغها (الراتنج) على الجذوع ويجمع حيث يستخدم في التبخير أمام الأصنام؛ عند مضغه له خصائص طبية جمة وهو يحد من انتشار الأوبئة؛ وهو مفيد خاصة ضد الزكام(١٢٧).

ـ **الحضاض**: شجيرة من الصحراء؛ يستخرج من أوراقها عصارة مرة تجمد كالمر المكاوي والصمغ وتستعمل في الصيدلة؛ تنتج جزيرة سيلان نوعاً يختلف عن هداد الصحراء العربية؛ وصف خصائصها الطبية(١٢٨).

ـ **الأقاقيا**: أربعة أنواع تتمايز بكبرها. وصفها: يستخرج من ثمارها أو من ثمارها وأوراقها معاً عصارة تستعمل في الصيدلة؛ تنتج صمغاً يباع في كل مكان؛ من شجر البلاد الحارة؛ خصائصها الطبية(١٢٩).

ـ **السماق**: وصف؛ يمكن أن نستخرج من ثماره وأوراقه عصارة شبيهة بعصارة الأقاقيا؛ يستعمل خاصة في الطبخ وفي الصيدلة أيضاً لعلاج الشعر(١٣٠).

ـ **القاريثا**: يشبه السماق؛ لكنه أكبر وأكثر انتشاراً؛ ورقه يشبه ورق الزيتون؛ يعطي ثماراً من دون إزهار مسبق تشبه الفستق من دون غلاف؛ تحمر ويحلو طعمها عند نضجها؛ صالحة للأكل ولكنها تسبب الإمساك.

---

(١٢٣) المصدر نفسه، ج ٣، ص ١٦٨ وما يليها.

(١٢٤) Al-Dīnawarī, *The Book of Plants*, no. 21.

(١٢٥) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٢، ص ٨٥، «دار شيشعان (فارس)، قندول».

(١٢٦) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 1011.

(١٢٧) المصدر نفسه، رقم ٩٧١، ورقم ٩٧٩: «لبان».

(١٢٨) حول «الفلزهرج» انظر ما تقدم ص ٩٩.

(١٢٩) المصدر نفسه، رقم ٦٦٩: «طلح، Acacia gummifera».

(١٣٠) المصدر نفسه، رقم ٥٣٤.

ـ **اللاذن**: لاذن ذو شوك؛ تستخرج مادة اللاذن من أوراقه الندية اللزجة؛ هو لزج النسغ والمسحوق، يشبه المغث الأسود؛ يستعمل في الصيدلة (أفضل علاج للشعر). خصائصه الطبية[١٣١].

ـ **الحنة**: نبتة البلاد الحارة. وصفها؛ تستعمل في التجميل والصيدلة؛ خصائصها[١٣٢].

ـ **المروتا** (شجرة مجهولة الهوية): يصل طولها ١,٢٠ متر تقريباً؛ ورقها يشبه ورق اللوز؛ ثمرتها تشبه الفول تحوي حبتين ونادراً ثلاثاً. وهي مستديرة سوداء تميل إلى اللون الأحمر غير صالحة للأكل بسبب رائحتها الكريهة؛ وإذا ما طمرت في الأرض تحلو وتصبح صالحة للأكل. ويخرج قرب جذرها برعم واحد مع ورقتين كبيرتين مربعتي الشكل؛ تكون إحداهما أحياناً كبيرة وأخرى صغيرة؛ ويحمل هذا البرعم زهرة تشبه زهرة الرمان يظهر بعد سقوطها نبات أخضر مائلٌ إلى اللون الأصفر، يوازي طول نبتة هليون صغيرة، ذو طعم لذيذ؛ صالح للأكل. تستعمل في التجميل.

ـ **الطرفاء**: وصفها؛ وصف صنفين مشابهين لها: تستعمل في الصباغة[١٣٣] «Tamarix mannifera» و«Tammarix companulata».

ـ **المران**: وصفه؛ خصائصه الطبية؛ سم واق ضد اللسع[١٣٤].

ـ **الأصطرك**: وصفه؛ يعطي الميعة السائلة (الميعة الرطبة = اللبنة)؛ يستعمل بخوراً في المعابد وفي صناعة العطور؛ خصائصه الطبية[١٣٥].

ـ **شجرة البلسم الأزرق** (مقل أزرق): تشبه الأصطرك؛ كان العرب يجمعون صمغها ويبيعونه في سوريا وبلاد بابل؛ يستعمل في الصيدلة وصناعة العطور[١٣٦].

ـ **الشبت البري** (مراق/ فاس؟؛ شجرة «المو» (mū)): وصفه؛ له رائحة قوية؛ منتشر في السودان؛ ينبت في الجزيرة العربية؛ أدخل إلى بلاد بابل[١٣٧].

ـ **العرعر** (أبهل): هناك ثلاثة أنواع منه (الأول في بلاد الهند واثنان في بلاد فارس والجزيرة العربية وأفريقيا)؛ يستعمل في الصيدلة؛ في الطبخ وصناعة العطور؛ خصائصها

---

(١٣١) المصدر نفسه، رقم ٩٧٧.
(١٣٢) المصدر نفسه، رقم ٢٠٧.
(١٣٣) المصدر نفسه، رقم ٦٦٧.
(١٣٤) المصدر نفسه، رقم ١٠١٣.
(١٣٥) ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٤، ص ١٧١: «مَيْعة».
(١٣٦) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 1038.
(١٣٧) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ١٦٨: «مو».

الطبية[١٣٨].

ـ **الملوخية**: وصفها؛ تستعمل في الطبخ؛ خصائصها الطبية[١٣٩].

ـ **الشبهان الشوكي**: وصفه؛ يعطي زهرة حمراء يلي ذلك حبة بحجم بذرة القنب؛ يستخرج منها عصارة لزجة شديدة الفعالية في علاج اللسعات السامة؛ تلطف الحلق والصدر[١٤٠].

ـ **البقس أو الشمشاد**: وصف (تحت عنوانين: «بقس» (بقسير) و «شمشار»)؛ يستعمل خشبه في صناعة الصواني؛ العلب الصغيرة؛ وأدوات منزلية أخرى[١٤١].

في ختام هذه اللائحة يخبرنا الكاتب أنه نظراً للعدد الكبير الضخم للأشجار المزروعة والبرية التي لا تثمر فقد اكتفى باختيار بعض نماذج من الأشجار التي تنبت في بلاد بابل أو التي أدخلت إلى هذه المنطقة.

ويلي ما بإمكاننا أن نصفه بدراسة عن فن زراعة الأشجار؛ وهو عرض مسهب عن تطعيمها. ويعرض الكاتب عدة أمثلة حول الموضوع، ويعبر عن المبادئ التي يرتكز عليها هذا العلم ويزودنا بأمثلة موجزة لبعض أنواع التطعيم ذات نتائج غير متوقعة.

هـ ـ نباتات قرنية ونجيليات

(١) زروع وطحينيات:

القمح والشعير (حنطة وشعير): نظراً لأهمية هذه الزراعة في بلاد بابل في ذلك الوقت خصصت مقالات مسهبة لهذين الصنفين من الزروع. وبالإضافة إلى اختيار الأراضي الملائمة للزروع وسبل وقايتها، يتناول الكاتب جوانب زراعتها كافة من أوان البذار حتى الحصاد. ثم يتحدث عن طرق حفظها وعن الدلائل التي تشير إلى فسادها، وعن غسل بذورها وعن نخالتها وطحينها وخصائصها الطبية، وعن أفضل أنواع الخبز، وعن خصائص الزروع المتعددة وما يشببها من أعشاب (الزوان وما يشبه الجودر...)... الخ[١٤٢].

ـ **الأرز أو الرز**: غذاء سكان الهند والمقيمين على ضفة نهر الهندوس. التربة الملائمة

---

(١٣٨) المصدر نفسه، ج ١، ص ٦ ـ ٧.

(١٣٩) المصدر نفسه، ج ٤، ص ١٦٦.

(١٤٠) AL-Dīnawarī, Ibid., no. 570.

(١٤١) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ١، ص ١٠٣: «بقس». ثلاثة أسماء من الأشجار غير المعرف عنها مفقودة من هذه اللائحة.

(١٤٢) AL-Dīnawarī, Ibid., nos. 256 and 584.

لزراعته؛ طرق زرعه؛ أرز الصيف وأرز الشتاء؛ خصائصه الغذائية؛ استعماله في الطبخ؛ خصائصه الطبية؛ خبز الأرز[١٤٣].

ـ **الجوذر** (جاورس؛ دخْن): وصفه؛ تجانسه مع الأرز؛ طريقة زرعه؛ خبز الجودر[١٤٤].

ـ **الفول** (الباقلاء): زراعته والعناية به؛ الدودة التي تنال منه؛ أوان وطريقة زرعه؛ أمراضه وعلاجه؛ منافعه ومضاره؛ خصائصه المتعددة؛ خبز الفول[١٤٥].

ـ **فاصولياء أنغولا** (ماش): تجانسها مع الفول وكذلك طريقة زرعها؛ خصائصها الطبية[١٤٦].

ـ **العدس**: طريقة زرعه؛ الأعشاب المضرة التي تنمو معه؛ طهوه؛ خصائصه الغذائية[١٤٧]. وقد أفرد في فصل الخضار قسم لنبتة تنمو مع العدس صالحة للأكل ولها خصائص طبية.

ـ **الكرسنة**: وصفه؛ خصائصه الطبية؛ علف للحيوان؛ منافع طبية للإنسان[١٤٨].

ـ **الحمص**: وصفه؛ طريقة الحصول على حبة أكبر؛ خصائصه[١٤٩].

ـ **الجلبان**: تجانسه مع الفول؛ خصائصه[١٥٠].

ـ **المسجوثا؟** (البيطار)؛ المشحونة (Meschhūnā ـ سوريا) نبتة من خوزستان وبلاد فارس؛ تجانسها مع الحمص؛ خصائصها الطبية؛ تشفي من مرض القوباء والنمش[١٥١].

ـ **اللوبياء**: حمراء وبيضاء؛ لوبياء الربيع ولوبياء الشتاء؛ العناية بها؛ طريقة طهوها؛ خصائصها؛ أصلها بلاد الصين[١٥٢]. في باب الخضار يذكر نوع من اللوبياء يسمى: «شميلة والشبيه» تشبه ثمرتها كلية الجدي. وصفها؛ تستعمل في الطبخ.

ـ **الترمس**: نبتة قبطية؛ حبوبها مرة الطعم؛ خصائصها؛ طرق تحليتها؛ الأعشاب

---

(١٤٣) المصدر نفسه، رقم ٧٠.
(١٤٤) المصدر نفسه، رقم ٤٠٥.
(١٤٥) المصدر نفسه، رقم ٨٧.
(١٤٦) المصدر نفسه، رقم ١٠٠٠.
(١٤٧) المصدر نفسه، رقم ٦٩٢.
(١٤٨) المصدر نفسه، رقم ٩٤٠.
(١٤٩) المصدر نفسه، رقم ٢٥٥.
(١٥٠) المصدر نفسه، رقم ٢٠٧.
(١٥١) ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٣، ص ٣٥: «سكسنبونا».
(١٥٢) AL-Dīnawarī, Ibid., no. 995.

الضارة التي تنمو معها[١٥٣].

ـ **الحلبة**: طريقة الزرع؛ الوقاية من الأمراض؛ الخصائص الطبية؛ ملين وعلاج فعال ضد الأمراض المعوية[١٥٤].

ـ **اليولوريثا**: نوع من الحلبة؛ تتجانس مع الشعير؛ تفتش عنها العصافير.

ـ **العلس** (الحوبيثاكوي؟): تتجانس مع الحلبة؛ وصف؛ خبز العلس؛ خصائصه في علاج الجلد[١٥٥].

ـ **الطرماكي** (قمح كبير: triticum turgidum): يتجانس مع العلس؛ يزرع في منطقة برما وتكريت؛ خصائصه.

ـ **الثروميشا** (برومس؟): مستوردة من بلاد اليونان. وصفها؛ تزدهر في بلاد بابل؛ خبزها أقل جودة من خبز القمح؛ تربتها بحاجة إلى السماد؛ خصائصها الطبية.

(٢) الزيتيات (عدا شجرة الزيتون التي أفرد لها فصلاً في أول الكتاب):

القنب (ثونيغا، «تونغ»): يعطي الشهداناج، «بذر القنب»؛ زيت القنب؛ متعدد الاستعمال؛ مستورد من بلاد الهند[١٥٦].

ـ **القطن**: وصفه؛ التربة والرياح الملائمة له؛ قطافه؛ خصائصه الطبية[١٥٧].

ـ **الكتان** (بزر كتان): نبتة قبطية؛ كثيرة الانتشار؛ وصفه؛ طريقة زرعه؛ خصائصه[١٥٨].

ـ **السمسم**: طريقة وأوان الزرع؛ الوقاية من الأمراض؛ الخصائص الطبية[١٥٩].

(٣) نباتات أخرى ذات حبوب:

اللوطس القريني أو **قرن الغزال**: أصلها من مصر؛ وصفها؛ تتجانس مع الفول؛ خبزها؛ تستعمل في الطبخ.

---

(١٥٣) المصدر نفسه، رقم ١٣٠.
(١٥٤) المصدر نفسه، رقم ٢٢٩.
(١٥٥) ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٢، ص ٧٨: «خندروس».
(١٥٦) المصدر نفسه، ج ٤، ص ٣٩: «قنب».
(١٥٧) AL-Dīnawarī, Ibid., no. 898.
(١٥٨) المصدر نفسه، رقم ٩٢٩.
(١٥٩) المصدر نفسه، رقم ٥٣٨.

ـ **السيسبان** (شجرة قرنية الثمار): تستخدم الحبوب في صنع الرغيف والطبخ. سماها الفرس بنجنكشت لأن أغصانها تخرج من الجذع ضمن مجموعات تشكل كل منها خمسة أغصان؛ يتناولها بشكل خاص أكراد آذربيجان؛ خصائصها الطبية والسحرية تشبه خصائص نبتة الأرثد(١٦٠).

ـ **الخشخاش**: أفردت لهذه النبتة ثلاث فقرات؛ تعالج الأولى أنواعه المختلفة: الخشخاش الأبيض والخشخاش الأسود؛ وصف الخشخاش البري والخشخاش المزروع؛ والأول أكثر فعالية من الآخر؛ خصائص عديدة للخشخاش الأبيض الذي يصنع منه خبز؛ خصائصه الطبية: دواء منوم ومهدىء للأعصاب(١٦١).

و ـ الخضار

يقسم هذا الفصل إلى قسمين كبيرين:

(١) خضار ذات أبصال أو أرمولات أو حبوب:

ـ **الهليون**: وصفه؛ يستعمل في تحضير الخبز وفي الطبخ؛ نبات شوكي. خصائصه الطبية(١٦٢). يتطرق بعد ذلك إلى الحديث عن نبتة تشبه الهليون أصلها من بلاد اليونان ومصر. وصفها واستعمالها في الطبخ.

ـ **هذرات/ ثايا** أو **هدرَيانا**: نبتة مستوردة من ضفاف نهر الأردن؛ تتجانس مع الهليون؛ وإذا ما خلطنا الجذع والحب معاً يمكننا الحصول على الخبز. تستعمل في الطبخ وكان من السائد أن هذه النبتة إذا ما أضيفت إلى الفول مع التوابل تعطي طعاماً كان القدماء يعتقدون بضرورة تقديمه ليلة «عيد الميلاد» (عيد ميلاد الشمس؟). تستخدم للوقاية من الحمى في الصيف.

ـ **أتونيشاثا** أو **أنونيشاثا** (؟): نبتة مستوردة من الهند؛ تتجانس مع اللفت؛ يصنع منها الخبز؛ تستعمل في الطبخ؛ خصائصها الطبية: مثيرة للشهوة.

ـ **اللفت** (سلجم؛ اسم يشير حالياً إلى الكولزا): وصفه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الغذائية والطبية؛ يحضر منه الخبز؛ يستعمل عصير اللفت الحامض في تطييب الطعام. وقد وصف منه نوعان: اللفت البري، ونوع آخر أفضل من الصنف المزروع؛

---

(١٦٠) المصدر نفسه، رقم ٥٥٦، وابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ١، ص ١١٥ ـ ١١٦: «بنجنكشت»، وج ٣، ص ٤٦: «سيسبان». انظر أيضاً ما تقدم حول «شجرة ابراهيم»، ص ٩٦.

(١٦١) AL-Dīnawarī, *Ibid.*, no. 374.

(١٦٢) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ١٩٥ ـ ١٩٦.

اسمه غير محدد حتى الآن[١٦٣].

ـ **الفجل الشامي**: يتجانس مع اللفت؛ وصفه؛ خصائصه الغذائية والطبية[١٦٤].

ـ **الفجل المستطيل**: يشبه الفجل الشامي من نواح عدة؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الطبية؛ البري منه أشد تأثيراً من الفجل المزروع؛ خصائصه الطبية.

ـ **الجزر** (جزر بستاني): هناك نوعان؛ وصفه؛ خصائصه الغذائية؛ يستعمل في الطبخ؛ عصير الجزر[١٦٥].

ـ **الجزر البري**: وصفه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الطبية: مثير للشهوة[١٦٦].

ـ **الراسن**: وصفه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الطبية.

ـ **الكراث الشامي**: هناك نوعان؛ وصفه؛ زرعه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه[١٦٧].

ـ **البصل** (بصل بستاني): هناك ثلاثة أنواع؛ وصفه؛ زراعته؛ خصائصه؛ يستعمل في الطبخ؛ زيت البصل؛ تروى عنه معتقدات عدة. ينتشر البصل المسمى بليس/ بليشا في بلاد ما بين النهرين، وهو أشد حدة من البصل العادي؛ قوي الرائحة؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه. أما البصل البري (بصل الزير: (Muscari lotroyoïde)) فهو نبات بري يزرع في البساتين؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه: مثير للشهوة[١٦٨].

ـ **العنصل** («بصل الفار»؛ يسمى إشقيل/نوع سقيللا وعنصل): هو بصل كبير أبيض؛ يزدهر في البلاد الباردة والجبلية (أندلس؛ بيزنطة؛ سوريا؛ خراسان)؛ يسميه العرب «بصل البر» (البراني)؛ يحضر من عصيره سم للجرذان؛ غير صالح للأكل ولكن بإمكاننا أن نستخرج منه نوعاً من الخل يستعمل في تطييب الطعام؛ وسائل متنوعة لاستخراجه؛ خصائصه الطبية عديدة[١٦٩].

ـ **الكراث الأندلسي** (عسقلاني؛ من عسقلان (Echalotte)): يتجانس مع البصل المسمى «بليسا»[١٧٠]؛ وصف؛ له حدة العنصل وخصائصه.

---

(١٦٣) AL-Dīnawarī, Ibid., no. 529.

(١٦٤) المصدر نفسه، رقم ٨١٧.

(١٦٥) المصدر نفسه، رقم ١٨٦.

(١٦٦) المصدر نفسه، رقم ٢٢٨: «هنذاب».

(١٦٧) المصدر نفسه، رقم ٤٣٦.

(١٦٨) المصدر نفسه، رقم ١١١.

(١٦٩) المصدر نفسه، رقم ٧٦١: «عنصل».

(١٧٠) انظر ما تقدم أعلاه حول «البصل».

ـ **الثوم**: تصدر هذه النبتة منذ القدم من بلاد بابل إلى مصر؛ تتعدد الروايات عن أصلها؛ خصائصها الطبية عديدة؛ يقي من لسع الأفعى وداء الكلب[١٧١] . . .

ـ **الثوم الوردي** (زهر/قروصياها = قرط؟): يزرع في سهول نهر الفرات؛ يتجانس مع الكراث الشامي والثوم؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه عديدة.

ـ **ثوم الكرمة** (شوم كراث): وصفه؛ أشد حدة من الكراث؛ خصائصه.

الفرشوقية (؟): تسمى هذه النبتة في سهول نهر الفرات باسم ذي دلالة «شبيهة الخصيتين» أو خنثى «مزدوج الجنس»، وعند إغريق الشرق، «اسقولانوس»[١٧٢]، (أي عسقلاني) وفي روما «كندروسكوس»، وفي الأندلس «كسيلْت»/«باكا». وصفه؛ بصل مزدوج؛ يتجانس مع الثوم والبصل؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه.

ـ **الأنارف** أو **(الإنجبار** (لوف)): وصفه؛ **يستعمل في الطبخ؛ خصائصه** الطبية[١٧٣]. هناك نبتة تشبه جذورها جذور **الأنارف يستهلكها خاصة أكراد نينوى القديمة** في بلاد ما بين النهرين؛ وصفها؛ تستعمل في الطبخ؛ خصائصها.

ـ **البلبس** أو **بصل الزير** (هلهل؛ مكثا، ومن المحتمل: مِسكي): وصفه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه[١٧٤].

ـ **أريسارون** (ومن المحتمل أريغارون): وصفه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الطبية.

ـ **الكمأة السوداء** (دا أوروميقا؟): وصفها؛ جذرها يشبه جذر الخيار؛ تستعمل في الطبخ.

ـ **الفقع**: تشبه الكمأة؛ وصفها؛ تستعمل في الطبخ[١٧٥].

ـ **الكمأة**: وصفها؛ تكونها؛ نبات يرشد إلى طبيعة التربة؛ خصائصها الغذائية؛ تستعمل في الطبخ؛ خبز الكمأة[١٧٦].

ـ **الفطر**: وصفه؛ أنواع عديدة منه جميعها فتاكة[١٧٧].

---

(١٧١) المصدر نفسه، رقما ١٥٦ و١٦٠.

(١٧٢) حول «الكراث الأندلسي» انظر ما تقدم ص ١٠٨.

(١٧٣) المصدر نفسه، رقم ٩٩٦.

(١٧٤) ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٢، ص ٢٩: «هلهل = بصل الزير». انظر أيضاً ما تقدم حول «البصل» ص ١٠٨.

(١٧٥) انظر «فقع،» في: AL-Dīnawarī, Ibid., no. 834: «Fuq'».

(١٧٦) المصدر نفسه، رقم ٩٦٦.

(١٧٧) المصدر نفسه، رقم ٨٣٢.

ـ **الغوشنة**: (عطلب): وصفها؛ تستعمل في الطبخ[١٧٨].

ـ **الأمطا نهرا**: يتكون في جوف التربة سواء في الرمل أو بالقرب من الماء، الأول منه أحمر اللون والثاني أسود؛ يشبه فتات الخبز؛ يسميه العرب خبز الكلب؛ نجده عامةً قرب نبات اليبروح؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه عديدة.

ـ **السلق**: هناك عدة أنواع؛ وصفه؛ طريقة وأوان زرعه؛ يستعمل في الطبخ؛ عصير السلق؛ خبز السلق؛ خصائصه: يمحو أثر الحبر؛ مطهر فعال؛ يمتص الملوحة من التربة؛ خصائصه الطبية[١٧٩].

ـ **الخس**: وصفه؛ أنواعه؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الطبية[١٨٠].

ـ **الحماض**: وصفه؛ أنواعه؛ خصائصه؛ زراعته تشبه زراعة السلق[١٨١].

ـ **قرة العين** (قَرْدَمانا = قرة العين): وصفها؛ تستعمل في الطبخ[١٨٢].

ـ **صناب الحقول** (قُرْدُمانا = حُرف): تشبه قرة العين؛ وصفها؛ تستعمل في الطبخ؛ خصائصها الطبية[١٨٣].

ـ **السعْد** أو **لوز الأرض** (سعْد): وصفه؛ استخدامه في الطبخ وطريقة تحليته[١٨٤].

ـ **السوسن** (Lis) ـ سوسن بدل زنبق: وصفه؛ أنواعه الأربعة؛ عطره؛ استعماله الطبي وحتى الغذائي عند الحاجة[١٨٥].

ـ **الوَجّ**: مقارنته مع السوسن؛ أوجه الشبه والاختلاف؛ أرمولته[١٨٦].

ـ **الناردين البري** (أسارون): وصفه؛ أرمولته العطرة؛ استعماله في الطبخ[١٨٧].

---

(١٧٨) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٣، ص ١٥٢: «غوشنى».

(١٧٩) المصدر نفسه، ج ٣، ص ٢٦٧؛ قارن مع: Al-Dīnawarī, Ibid., no. 946: «Kurumb».

(١٨٠) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 336.

(١٨١) المصدر نفسه، رقم ٢٤٢.

(١٨٢) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ٩.

(١٨٣) المصدر نفسه، ج ٤، ص ٧، و Al-Dīnawarī, Ibid., no. 276.

(١٨٤) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 512.

(١٨٥) حول «السوسن» انظر ما تقدم ص ٩٣.

(١٨٦) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ١٨٨.

(١٨٧) المصدر نفسه، ج ١، ص ٢٣ ـ ٢٤.

ـ **ناردين بلاد الهند**: ينبت بكثرة في بلاد الهند وقليلاً في سوريا؛ تتجمع أزهاره عل شكل سنابل؛ وصفه؛ عطره يشبه عطر السعد؛ يستعمل في الطبخ.

ـ **ناردين البساتين** (فو مشهور، أسارونا برية): يزرع هذا النبات البري في بساتين بلاد بابل؛ وصفه؛ الجذع والجذر كثير العقد؛ يستعمل في الطب وفي الطبخ(١٨٨).

ـ **الزعفران**: وصفه؛ يستعمل في الصباغة وصناعة العطور؛ له خصائص عديدة؛ يبدو أن بصله غير صالح للأكل وهذا الأمر موضوع تجربة(١٨٩).

ـ **الراسن الكبير** (زنجبيل شامي): له جذر ضخم أسود وعطر؛ وصفه؛ يستعمل في التبخير؛ طريقة حفظه؛ أرمولته صالحة للأكل(١٩٠).

(٢) خضار ذات أوراق وثمار صالحة للأكل:

الهندباء: هي أكثر الخضار نفعاً وهي إما أن تكون مزروعة وإما برية؛ ولكل منها نوعان؛ المزروع منها صالح للأكل بينما البري ذو خصائص طبية؛ النباتات البرية المشابهة لها؛ خصائصها الطبية(١٩١).

ـ **النعنع**: أنواعه عديدة مزروعة وبرية؛ خصائصه الطبية عديدة؛ طريقة زرعه والعناية به(١٩٢).

ـ **الحبق** أو (**الريحان**) (باذاروج): هناك ثلاثة أنواع منه؛ له تأثير سريع في العلاج؛ أضراره؛ أوان الزرع؛ يطعم على أنواع من نبات «اللاعية»؛ تتساوى فيه ميزتان متناقضتان؛ خصائصه الطبية(١٩٣).

ـ **الجرجير**: بري ومزروع ولكل منهما نوعان؛ وصفه؛ يستعمل في الطعام؛ خصائصه الطبية؛ أضراره(١٩٤).

ـ **الكرفس**: ستة أنواع؛ له خصائص في الطب والطعام، وهناك ثلاثة أنواع برية:

---

(١٨٨) المصدر نفسه، ج ٣، ص ١٦٨ ـ ١٦٩: «فو».

(١٨٩) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 461.

(١٩٠) المصدر نفسه، رقم ٤٧٦. هناك أسماء عدة لنباتات في هذه اللائحة غير معروفة. يبدو أنها نباتات بلاد بابل فقط. نجد هنا عرضاً مسهباً لأنواع الخبز العديدة التي يمكن أن نصفها من النباتات والأعشاب والجذور والبلوط. هناك وصف لثمانية عشر نوعاً.

(١٩١) المصدر نفسه، رقم ١١٠٤، ورقم ٨٧٤: «قشنيزا».

(١٩٢) المصدر نفسه، رقم ١٠٧١.

(١٩٣) المصدر نفسه، رقم ٢٩٢: «هنك»؛ رقم ٦٥٦ «دنمران»، ورقم ٥٦١: «ساهسْفزم».

(١٩٤) المصدر نفسه، رقم ١٩٩.

وصفه؛ خصائصه وأضراره؛ يستعمل في الطبخ.

ـ **السذاب**: بري ومزروع؛ وصفه؛ زراعته على موسمين في العام الواحد؛ العناية به؛ يرتبط ريه بمميزاته المطلوبة؛ خصائصه الطبية عدة؛ علاج للصرع؛ الإسراف فيه مضر؛ نبات طبي لا غذائي؛ السذاب البري منه أشد فعالية[١٩٥].

ـ **الحُرف**: ثلاثة أنواع معروفة؛ نوع نادر (سندي) أسود؛ طريقة الزرع والعناية؛ يستعمل في الطبخ؛ الخصائص الطبية[١٩٦].

ـ **الخردل الأسود** (خردل): «خضار السحرة»؛ طريقة زرعه؛ استعماله في الطبخ.

ـ **المقدونس الإفرنجي** أو **السرفيل البري** (سقنداق = سكندكس): خضار بري ذو طعم لاذع؛ يستعمل في الطعام؛ الخصائص الطبية؛ طريقة الزرع.

ـ **نعنع الحقل، قوسالة** (من المحتمل الشامي «قورنيتا»): وصفه؛ خضار صالح للأكل؛ خصائصه الطبية؛ مستورد من مصر.

ـ **بهار الماء** (زنجبيل الكلب): وصفه؛ ينتشر في أرمينيا وبلاد فارس؛ عصيره يباع في الأسواق؛ يستعمل في الطبخ[١٩٧].

ـ **الزوفاء** (جسما): وصفها وزرعها؛ خصائصها الطبية؛ تستعمل في الطبخ[١٩٨].

ـ **الأترجية** (بادرنجبو = البقلة الأترجية): نبات من بلاد فارس؛ «العشبة المباركة»؛ زراعتها؛ خصائصها الطبية؛ تستخدم في الطعام[١٩٩].

ـ **الزنباق** (قارن مع الاسم الفارسي «زنبان»: «يانسون»): يزرع ما بين بغداد وواسط؛ يستورد من الري حيث ينتشر بوفرة؛ زراعته؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه الطبية[٢٠٠].

ـ **الحندقوق** («حندقوقا»): وصفه؛ مزروع وبري؛ خصائصه الطبية؛ أضراره؛ زرعه[٢٠١].

---

(١٩٥) المصدر نفسه، رقم ٥٠٤.

(١٩٦) المصدر نفسه، رقم ٢٧٦.

(١٩٧) ابن البيطار، **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**، ج ٢، ص ١٦٨.

(١٩٨) المصدر نفسه، ج ١، ص ١٦٣.

(١٩٩) المصدر نفسه، ج ١، ص ٧٤ ـ ٧٥.

(٢٠٠) المصدر نفسه، ج ٢، ص ١٦٨: «زنبا».

(٢٠١) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 248: «Ḥabāqā».

ـ **الشبت** (حزا): زرعه؛ وصفه؛ خصائصه الطبية[٢٠٢].

ـ **كراث بابل** (كراث بابلي): يزرع في الخريف؛ يشبه عدة نباتات؛ وصفه؛ أضراره؛ خصائصه الطبية؛ مطيب للمذاق؛ أفضل علاج للبواسير؛ تعرف له خصائص عدة.

ـ **كراث كوديان**: وصفه؛ ينتشر في منطقة كوديان؛ يستعمل في الطبخ وله خصائص غذائية.

ـ **الكيلكان**: من أنواع الكراث الذي ينمو ما بين الري وخراسان؛ مغذ ويستخدم في الطعام.

ـ **اللسلاسه**: من أنواع كراث بلاد بابل، يسمى «الميار»؛ يستخدم في تحضير ثلاثة أنواع من الطعام.

ـ **الأن كيح**: تنبت في بلاد ما بين النهرين المنخفضة؛ تصدر إلى بلاد فارس؛ أكثر فعالية من أنواع الكراث الأخرى؛ خصائصها الطبية؛ استعمالها في الطبخ.

ـ **كراث فرغانا** (خضروايا): يسمى برسوك؛ نبات بري أكثر خضرة من أنواع الكراث الأخرى؛ يستعمل في الطبخ؛ خصائصه[٢٠٣].

ـ **الصعتر**: أنواع عديدة مزروعة وبرية؛ وصفه؛ زرعه؛ خصائصه[٢٠٤].

ـ **عصا الراعي** (برسيانا): نبات من بلاد فارس؛ وصفه؛ خصائصه الطبية[٢٠٥].

ـ **القرنفل**: هناك نوعان منه؛ مستورد من بلاد الهند؛ وصفه؛ خصائصه الطبية؛ استعماله في الطبخ[٢٠٦].

ـ **الطرخون**: وصفه وخصائصه[٢٠٧].

ـ **دبيداريا**: عشب مستورد من بلاد الهند؛ وصفه؛ يمضغ سكان الهند جذعه؛ مفيد للثة؛ خصائصه الطبية[٢٠٨].

ـ **الراوند** أو **الكشمش** ـ عنب الديب (يغميسا = ريباس): وصفه؛ خصائصه الطبية[٢٠٩].

---

(٢٠٢) المصدر نفسه، رقم ٢٣٥.

(٢٠٣) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ٦١ ـ ٦٣.

(٢٠٤) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 615.

(٢٠٥) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ١، ص ٣٨.

(٢٠٦) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 868.

(٢٠٧) المصدر نفسه، رقم ٦٦٦.

(٢٠٨) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٢، ص ٨٧.

(٢٠٩) المصدر نفسه، ج ٤، ص ٢٠٩، وج ٢، ص ١٤٧.

ـ **عشب مصر** (يرقا مصرا)، «العشب النبيل»: مستورد من مصر، وصفه؛ أوراقه تشبه أوراق الجزر، وطعمه طعم الشمرة؛ خصائصه الطبية.

ـ **عشب القطْر** (يرقا قطرا): نبات فارسي، ينبت خاصة في حلوان؛ يسميه الفرس كنهان؛ نبات يشبه العرعر؛ أوراقه ورائحته تشبه أوراق ورائحة البطم؛ وصفه؛ زراعته؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الطبية؛ يبعد العقارب.

ـ **بقلة الجوف** (مرماحور = يرقا كسره): إحدى أنواع المرو السبعة؛ وصف مسهب لهذا النوع الأخير؛ علامات فارقة لكل من الأصناف السبعة؛ خصائصها الطبية[٢١٠].

ـ **الكزبرة**: زراعتها وتسميدها؛ خصائصها الطبية؛ اختلاف في الآراء حول هذه النبتة[٢١١].

ـ **البقلة الحمقاء، رجْلة** (البقلة اللينة): متعددة الأسماء؛ زراعتها؛ خصائصها الطبية الكثيرة[٢١٢].

ـ **السبانخ** (إسفانخ): وصفه؛ زراعته؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الغذائية والطبية؛ يستهلكه سكان نينوى بشكل دائم للقضاء على أوجاع الحلق والنزلات الصدرية؛ «خضار مبارك»[٢١٣].

ـ **السبانخ البري** (قطفْ) أو قطف الحقول: نبات بري يزرع في الحدائق؛ خصائصه الطبية والغذائية أهم من خصائص السبانخ[٢١٤].

ـ **السرمق**: بري ومزروع (قطفْ)؛ وصفه؛ خصائصه؛ ينتشر في أثيوبيا وفي بلاد النوبة والسودان؛ يأكله الزنوج على الرغم من رائحته الكريهة.

ـ **القطيفة** (البقلة العربية أو اليمنية): تستورد من اليمن؛ زراعتها؛ خصائصها الطبية والغذائية[٢١٥].

ـ **حماض الماء**: وصفه؛ خصائصه الغذائية والطبية؛ ينبت بكثرة في رأس العين (بلاد ما بين النهرين)، حيث ألف أحد الحكماء كتاباً حول خصائص النبات ونسب إلى هذه النبتة

---

(٢١٠) المصدر نفسه، ج ٤، ص ١٤٨٩، و Al-Dīnawarī, Ibid., no. 1018.

(٢١١) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ٦٦ ـ ٧٠، و Al-Dīnawarī, Ibid., no. 949.

(٢١٢) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 423: «Rijla».

(٢١٣) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ١، ص ٢٥.

(٢١٤) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 897: «Qaṭafa».

(٢١٥) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ١، ص ١٠٣ ـ ١٠٤.

صفات تشبه صفات اليبروح، وتختلف عن صفات القطرب[٢١٦].

ـ **الخبازى البستاني**: مزروعة وبرية؛ زراعتها؛ خصائصها الغذائية والطبية[٢١٧].

ـ **الطرخشقون** (طرخشقوق): نبات المناطق الصحراوية والجافة، نقل وزرع في البساتين؛ وصفه؛ زراعته؛ البري منه مر الطعم؛ أكثر أنواع الخضار فائدة؛ خصائصه[٢١٨].

ـ **القنابري**: أوراقه تشبه أوراق الطرخشقون؛ ينبت تلقائياً خاصة في البساتين وعلى ضفاف الترعات؛ وصفه؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الطبية[٢١٩].

ـ **القرصعنة** (شنداب): يشبه كثيراً النبتتين السابقتين[٢٢٠] من حيث إنه ينبت عفوياً ويستعمل في الطعام؛ خصائصه الطبية[٢٢١].

ـ **عشب الرمل** (بقل الرمل أو البراثي): ينبت في الصحاري ويشبه كثيراً نبات الشنداب[٢٢٢]؛ وصفه؛ خصائصه؛ استعماله في الطبخ؛ يجمعه العرب ويبيعونه في أواخر نيسان/ ابريل ـ أوائل أيار/ مايو. له فوائد مدهشة؛ خصائص جذوره[٢٢٣].

ـ **الأعنون أو الحلبة**: زراعته؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الطبية[٢٢٤].

ـ **الكشوث**: وصفه؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الطبية؛ أضراره[٢٢٥].

ـ **بقلة الملك** (شاهترج): وصفه؛ استعماله في الطعام؛ له عدة خصائص طبية[٢٢٦].

ـ **كرنب خراساني**: مستورد إلى بلاد بابل؛ وصفه؛ خصائصه الطبية.

ـ **برهليا، حبة الشمرة، رازيانَج**: يستورد إلى بابل من «مناخ الشمس» من هنا تسميته «ابن الشمس» أي «عطاء جوبيتر»؛ إذا ما تناوله الإنسان يومياً يبقى جسمه خالياً من

---

(٢١٦) المصدر نفسه، ج ٢، ص ٣٣.

(٢١٧) المصدر نفسه، ج ٢، ص ٤٦٧، و Al-Dīnawarī, Ibid., p. 350.

(٢١٨) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 1115: «Ya'dīd», and ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٣، ص ١٩٨ ـ ٢٠٠ «هندبابري».

(٢١٩) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 809: «Ghumlūl».

(٢٢٠) انظر ما تقدم أعلاه عن «الطرخشقون» و«القنابري».

(٢٢١) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ١٢ ـ ١٣: «القرصعنة».

(٢٢٢) انظر ما تقدم أعلاه عن «القرصعنة».

(٢٢٣) المصدر نفسه، ج ١، ص ١٠٤.

(٢٢٤) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 229.

(٢٢٥) المصدر نفسه، رقم ٩٥٦.

(٢٢٦) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٣، ص ٤٧ ـ ٤٨.

الأمراض، وعند الموت يبعد عنه الروائح الكريهة. وهو نبات إذا استمر العلاج به يقي الجسم ـ هبة الآلهة ـ من الفساد بعد الموت. وصفه؛ خصائصه الطبية(٢٢٧).

ـ **الشِبِت**: بري ومزروع؛ من الخضار التي توجد في المنطقة المنخفضة لبلاد ما بين النهرين؛ زراعته؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الطبية(٢٢٨).

ـ **البرسيم**: يستعمل كعلف للحيوان؛ يشبه نبات الحندقوق وقد استعمله للغذاء سكان نينوى؛ خصائصه الغذائية والطبية(٢٢٩). وصف نبتتين غير معروفتين حتى اليوم تشبهان نبتة البرسيم.

ـ **الكرنب** (الكرنْب): وصف أنواع ثلاثة: مزروع، بري وجزري؛ وهناك نوع رابع في مصر ذو طعم مالح مر. وهناك نوع بحري (كرنْب أو ملفوف بحري) يختلف عما سبق ذكره؛ استعماله في الطعام؛ خصائصه الغذائية والطبية والمميزة(٢٣٠).

ـ **اللبلاب**: البري منه ذو طعم مر وكريه، ولكن وصفاً مسهباً لأهميته كعلاج جعل منه خضاراً صالحاً للأكل؛ خصائصه الغذائية والطبية(٢٣١).

ـ **الكشنج** (نوع من الكمأة): جذعه صالح للأكل؛ يتناوله البابليون والأوزبكستانيون والأتراك؛ وصفه؛ استعماله في الطعام(٢٣٢). وهناك وصف لتسعة جذوع صالحة للأكل تنمو في بلاد بابل لم يتم حتى الآن التعرف إلى أسمائها بالضبط.

ـ **القنبيط**: وصف ثلاثة أنواع منه: كبير الحجم، معتدل وصغير؛ زراعته والعناية به؛ طرق تحلية الصنف الصغير؛ خصائصه الغذائية؛ يعطي مادة غذائية صعبة الهضم؛ أضرار أخرى؛ استعماله في الطبخ؛ وصفات ضد الديدان والحشرات التي تهاجمه(٢٣٣).

ـ **الباذنجان**: هناك أسطورة عن احتجابه؛ فوائده وأضراره؛ طريقة زرعه؛ خصائصه الغذائية؛ استعماله في الطعام؛ يمنع تناوله نيئاً وحتى مشوياً(٢٣٤).

---

(٢٢٧) المصدر نفسه، ج ٢، ص ١٨٤ ـ ١٨٥: «رازيانج»، و Al-Dīnawarī, Ibid., no. 90: «Basbās».

(٢٢٨) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٣، ص ٥٠ ـ ٥١، و Al-Dīnawarī, Ibid., no. 566.

(٢٢٩) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 46.

(٢٣٠) المصدر نفسه، رقم ٩٤٦.

(٢٣١) المصدر نفسه، رقم ٩٨٢.

(٢٣٢) المصدر نفسه، رقم ٩٥٤.

(٢٣٣) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ٥٩ ـ ٦١: «كرنب».

(٢٣٤) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 115.

ـ **القرع**: قرعة؛ يقطينة؛ طريقة وموسم ومكان زراعته والعناية به؛ يمتاز القرع الذي ينبت عند المياه الحلوة والمستنقعات بخصائص طبية دارت حولها حكايات عدة. أما النوع الذي يعيش بالقرب من المياه المالحة فهو ضار؛ خصائصه الغذائية والطبية؛ استعماله في الطعام(٢٣٥).

ـ **قثّاء بستاني** (الخيار الأفعوان): نبات قمري؛ وصفه؛ زراعته والعناية به؛ طريقة تحليته؛ يساعد على تغيير أو «نقل» خصائص النبات؛ خصائصه الغذائية والطبية(٢٣٦).

ـ **الخيار**: يشبه القثاء؛ لكن خصائصه أشد تأثيراً؛ طرق الوقاية من ضرره(٢٣٧).

ـ **البطيخ**: يصنف من الخضار أو من الفاكهة وتتوزع زراعة أنواعه العديدة ما بين آذار/ مارس وحتى نهاية تموز/ يوليو؛ وسائل العناية به وطريقة زرعه؛ الأمراض التي تصيبه؛ التغيرات المتعددة بسبب العوامل الجوية؛ نتائجه الضارة؛ الوقاية من الأمراض؛ وسائل تحليته؛ تطعيمه على النباتات الشوكية، الخطمية؛ نبتة السوس؛ التين والتوت؛ الأشجار التي تجاوره والتي تفيد أو تضر النبات. تروى عنه حكايات عديدة (الموسيقى والغناء تضفيان على طعمه حلاوة)؛ خصائص مدهشة تعطي بزر البطيخ صفات مميزة؛ خصائصه الطبية والغذائية؛ الوقاية من أضراره.

ز ـ شجرة الزيتون، الكرمة، النخيل

يضاف إلى هذه الأقسام الستة التي توزعت فيها النباتات (نبات مزهر، جنبات عطرية وأشجار زينة، أشجار مثمرة، أشجار غير مثمرة، قرنيات ونجيليات، خضار) ثلاثة أخرى خصصت لشجرة الزيتون (في البداية) للكرمة (في الوسط) وللنخيل (في النهاية). وتشكل هذه الأقسام دراسات وافية تنفصل عن المؤلف لتشكل كتباً كاملة عن الزراعة وطرق العناية والاستثمار لهذه الأشجار الثلاثة المفيدة والمغذية، التي لعبت دوراً أساسياً في اقتصاد بلاد ما بين النهرين في القرون القديمة والوسطى. إن النظرة الإجمالية لعلم النبات عند العرب لا تسمح لنا بالإسهاب في الحديث عن هذه الأقسام الثلاثة. لذا فإننا نذكر على نحو مبسط بفحوى هذه الكتب:

(١) **الزيتون**: يخلو الكتاب من مقدمة عن الزيتون ويبدأ الحديث بتبيان الشروط اللازمة لزراعته (البلد، الرياح، المواسم، تغير الطعم، العلاج) وخصائصه: الجذور، الأوراق، الرماد، الزيت، النواة، عصير الزيتون. وأخيراً نجد قصائد عن فوائد شجرة

---

(٢٣٥) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ٩ ـ ١٠.

(٢٣٦) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 853.

(٢٣٧) المصدر نفسه، رقم ٨٥٢: «قتد»، وابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٢، ص ٨٠ ـ ٨١.

الزيتون[٢٣٨].

(٢) **الكرمة** (كروم): تبدأ الدراسة بذكر قصيدة عن الخمرة منسوبة إلى جلجامش، يلي ذلك حديث عن تأثير الخمرة في نفس الإنسان، أما زراعة أنواع الكرمة فتتم حسب نوع التربة. كرم العريش؛ أوان زرعه؛ غرسه؛ تأثير اتجاه الرياح على الكرمة؛ الري وتحسين الإنتاج (استعمال المرايا المحرقة)؛ الرياح الضارة (قصيدة ماسا الصوراني)؛ طرق الوقاية من تأثير التغيرات الجوية والحشرات؛ الأمراض وسبل العلاج؛ الكرمة الترياق[٢٣٩].

(٣) **النخل** (أخت آدم): أنواعه وتكونها وطريقة زراعتها؛ النخل «العاشق»؛ ميله إلى التربة المالحة؛ الأمراض وسبل العلاج؛ نقل الغرسة عن الشجرة الأم؛ أهمية النخل على غيره من النباتات؛ أضراره؛ صناعات النخل الحرفية؛ خصائص البلح المتنوعة والبراعم والقشرة ووعاء اللقاح والبودرة البيضاء في لب النخل الطري العود. هو غذاء ودواء عند العرب؛ تأثيره على الناحية الجسدية والنفسية[٢٤٠].

٣ ـ علم حياة وعلم تشكل النبات

نجد في وسط هذا المؤلف قسماً نظرياً بإمكاننا أن نسميه «علم حياة وعلم تشكل النبات»[٢٤١]، حيث يتم معالجة خمسة مواضيع أساسية هي:

أ ـ تكون النبات وتنوعه

يدرس في هذا الفصل خاصة:

ـ سبب وغاية مملكة النبات من خلال العناصر الأربعة.

ـ تعدد النبات وتشكل أصنافه.

ـ أوجه الشبه والخلاف.

ـ دور التربة في تغيير شكل النبات.

(٢٣٨) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 466.

(٢٣٩) ابن البيطار، المصدر نفسه، ج ٤، ص ٥٦ ـ ٥٧.

(٢٤٠) Al-Dīnawarī, Ibid., no. 1061, pp. 293 - 324.

(٢٤١) يجب مقارنة هذا القسم مع الجزء الرابع من **كتاب سر الخليقة وصنعة الطبيعة** المنسوب الى أبولونيوس التياني، حيث يدور الموضوع حول تكون النباتات وتشكلها. انظر: بلينوس (الحكيم)، **كتاب سر الخليقة وصنعة الطبيعة: كتاب العلل**، ص ٣٠٩ ـ ٣٩١.

ب ـ تكون الروائح وأسبابها(٢٤٢)

ج ـ تكون الطعم وأسبابه(٢٤٣)

د ـ تكون الألوان وأسبابها(٢٤٤)

يذكر في هذا الفصل أهمية استعمال ألوان النباتات في العلاج النفسي.

هـ ـ مواضيع علم التشكل البنيوي وعلم حياة النبات

نذكر من بينها خاصة:

(١) استدارة مختلف أقسام النبات، الطول، تنوع الأوراق والأغصان، شكل الجذوع المربعة الزوايا، الأغصان، أوراق وأغصان بعض النباتات.

(٢) لماذا تبقى بعض النباتات صغيرة وتكون سريعة الزوال، في حين أن بعضها الآخر ينمو ويدوم؟ يفسر ذلك نسبة اختلاط العناصر الأربعة مع بعضها والتي هي مصدر تشكيل الزيت الأساسي في النبات.

(٣) تحول العناصر إلى منتوجات نباتية (زيت، دسم نباتي، خمر... الخ.)، وهي إما أن تكون بفعل استعداد طبيعي (مثال الدجاجة، البيضة والصوص بتأثير الحرارة؛ شجر الزيتون، التربة والزيت بتأثير الماء)، وإما نتيجة تأثير خاص لأحد هذه العناصر، خاصة النار، في تشكيل المواد العضوية (من هنا العصير، النسغ والدسم... الخ.).

(٤) كمال الأجسام المركبة الذي يفسر بجودة تناسب العناصر فيما بينها.

(٥) إن موت وتحلل النبات، كما الحيوان، يعود إلى انطفاء حرارة الحياة فيه.

---

(٢٤٢) حول مضمون هذا الفصل، انظر: Touffic Fahd, «Genèse et cause des odeurs d'après l'*Agriculture nabatéenne,*» dans: *Mélanges d'islamologie: Volume dédié à la mémoire de Armand Abel par ses collègues, ses élèves et ses amis,* édité par Pierre Salmon, correspondance d'orient; no. 13, 2 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1974 - 1976), pp.183-198.

(٢٤٣) Touffic Fahd, «Genèse et cause des saveurs d'après l'*Agriculture nabatéenne,*» *Mélanges Le Tourneau: Revue de l'occident musulman et de la Méditerranée,* vols. 13 - 14 (1973), pp. 319 - 329.

(٢٤٤) انظر: Touffic Fahd, «Genèse et cause des couleurs d'après l'*Agriculture nabatéenne,*» dans: *Islamwissenschaftliche Abhandlungen (Mélanges F. Meier)* (Wiesbaden: Franz Steiner, 1974), pp. 78 - 95.

(٦) خصائص النبات التي تجعله صلة الوصل بين الحيوان والجماد.

(٧) تحليل أسباب التناسق واللاتناسق في ترتيب الثمار والأغصان بفعل تعادل أو تفاوت تأثيرات عناصرها.

(٨) ورق النبات: غير ضروري في تغذية النبات وينتج عن تأثير عنصر النار في تشكيل المواد العضوية. يتساقط الورق من كثرة الجفاف ويعاد تكونه بفعل الحرارة والرطوبة معاً.

(٩) الإثمار هو نتيجة تأثير الحرارة على الغذاء الذي يتناوله النبات. دور النواة الأساسي وهناك أجوبة عن الأسئلة التالية: لماذا توجد الثمار على الأطراف البعيدة من الشجرة؟ لماذا تكون بعض ثمار الشجرة الواحدة أكبر من غيرها؟ لماذا تتجمع بعض الثمار ضمن غلاف وأخرى تبقى معزولة من دون غلاف؟ ما هو سبب وجود هذه الغلافات؟ التفاضلات الجنسية (ذكور أو إناث) عند النباتات وظواهرها المختلفة.

(١٠) الصمغ والراتنج هما فائض النسغ النباتي.

(١١) تكون الشوك يعود إلى فائض العنصرين الرطبين: الماء والهواء.

(١٢) تحول النسغ إلى عصارة لبنية يتم نسبة إلى حرارة تشكيل المواد العضوية.

(١٣) معايرة الصفات الطبيعية (نسبها) والمكونات والخصائص التي تنجم عنها.

إن جميع الاعتبارات الموجودة في هذا القسم تستند إلى مبدأين أساسيين: تأثير الكواكب على النبات من جهة، ومن جهة أخرى أثر العناصر الأربعة واختلاطها (تربة، ماء، هواء، نار) والصفات الطبيعية الأربع (جفاف، رطوبة، برودة، حرارة) التي تنتج عنها.

الزراعة عند العرب

إن الانتقال من علم النبات إلى الزراعة أمر طبيعي. وبعد أن تمت معرفة المصادر المشتركة لهذين العلمين وأجري تصنيف منهجي للنباتات وعرض مبسط لمشاكلها الحياتية وتكونها، نتطرق إلى الوجه الآخر من مفهوم «الفلاحة»، عنينا به الزراعة وسبل العناية التي يتطلبها النبات.

وهنا أيضاً يبدو لنا كتاب **الفلاحة النبطية** خير شاهد على وضع ومستوى المعارف الزراعية في نهاية القرن الثالث/ التاسع. وقد تبنى المؤلفون الذين أتوا فيما بعد، النهج المتبع في هذا المؤلف للاستفادة من الزراعة. وهو في كل حال نهج كان يوجد وصف لأهم ما فيه عند الزراعيين اليونان واللاتين. لذا بإمكاننا أن نعتبر أن كتاب **الفلاحة النبطية** قد أرسى

بشكل نهائي دعائم زراعة العصور القديمة والوسطى. إن بياناً لفحوى هذا المؤلف خير دليل على ذلك[٢٤٥].

بعد القسم الأول الذي أفرد لشجرة الزيتون، والذي يبدأ به الكتاب، يخصَّص جزء مهم للماء كشرط أساسي للزراعة، وهناك ثمانية فصول تعالج المواضيع التالية:

١ ـ التنقيب عن المياه والعلوم التقنية المتعلقة بها[٢٤٦].

٢ ـ كيفية حفر الآبار وزيادة منسوبها بإجراءات وتقنيات مجربة.

٣ ـ التنقيب عن المياه.

٤ ـ وسائل زيادة منسوب مياه الآبار.

٥ ـ كيفية استخراج المياه من (بئر) عميقة جداً.

٦ ـ كيفية زيادة كمية المياه في الآبار والينابيع.

٧ ـ كيفية تغيير طعم المياه وتحسينها.

٨ ـ الخلاف حول طبيعة وتأثير المياه بالنسبة إلى قربها أو بعدها (تقريباً) عن فلك البروج[٢٤٧].

بعد الجزء الثالث الذي يعالج النباتات المزهرة العطرة، والجزء الرابع الذي يعالج الأشجار والشجيرات ذات الخصائص الطبية نجد جزءاً مهماً بعنوان «كتاب المزارع» وفيه تعالج بإسهاب المواضيع التالية:

١ ـ **إدارة الأراضي المزروعة**: واجبات صاحب الملك نحو الأرض والعمال الذين يعملون فيها.

٢ ـ **«وكيل» إدارة الأرض المزروعة**: واجباته نحو المزارعين؛ تنفيذ توجيهات رب العمل[٢٤٨].

---

(٢٤٥) من أجل وصف مسهب للمؤلف، انظر: Fahd, «Matériaux pour l'histoire de l'agriculture en Irak: *Al-Filāḥa al-nabaṭiyya,» pp.276-377.*

(٢٤٦) بما أن طباعة هذا المؤلف هي قيد الإعداد، فلن نشير إلى صفحات المخطوطة التي اعتمدناها في دراسته. يكفي ذكر فهرس المحتويات.

(٢٤٧) انظر التحليل المفصل عن هذا الجزء في: Touffic Fahd, «Un traité des eaux dans *al-Filāḥa al-nabaṭiyya* (Hydrologie, Hydraulique agricole, Hydrogéologie),» dans: *La Persia nel medioevo* (Rome: Academia dei Lincei, 1971), pp. 277 - 326.

(٢٤٨) انظر العرض المفصل عن مضمون هذا الجزء، في: Touffic Fahd, «Conduite d'une exploitation agricole d'après l'*Agriculture nabatéenne,» Studia Islamica,* vol. 32 (1970), pp. 109 - 128.

٣ ـ **التنبؤ بالتغيرات الجوية**: دلائل مأخوذة من تحولات الكواكب السيارة والنجوم.

٤ ـ **دلائل المطر**: مأخوذة من مراقبة هلال القمر، وطبيعة البرق والرعد، واتجاه شروق الشمس ومن سلوك بعض الحيوانات والنباتات. تنبؤات من خلال حركة الرياح التي تعصف في الرابع والعشرين من تشرين الثاني عيد القمر الكبير.

٥ ـ **كيفية معرفة الزراعات التي تنجح زراعتها في هذه السنة أو تلك.**

٦ ـ **الأعمال الزراعية والفصول**: تعداد الأعمال التي يجب القيام بها في كل شهر من أشهر السنة ابتداءً من شهر آذار/ مارس[(٢٤٩)].

٧ ـ **موقع القمر**: (فوق الأرض أو تحتها)؟

٨ ـ **ما يجب على المزارع وصاحب الأرض معرفته بالضرورة**: عرض نظري لحركات الشمس من خلال صور البروج والتأثيرات الناجمة عنها في عالم الحيوان والنبات والجماد. الأمراض التي تنتج عنها (أشجار لم تعد تثمر وكروم مصابة «بآفة النجوم» أو الاصفرار) ومعالجتها. تغيرات في طبائع وسلوك وأشكال النبات، أهمية الزراعة والمزارعين في حياة جميع الناس خاصة رجال السلطة. خصوم المزارعين (نساكاً ومتعبدين). يتحدث الكاتب مع أحدهم حول ادعاءاتهم طاعة أوامر الأصنام.

٩ ـ **الهواء والرياح وعملية التلقيح**: تنتج عن تأثيرات حركة الشمس من خلال صور البروج وتتأثر بقابلية الجو لها؛ رطوبة وجفاف؛ أبخرة ومياه. نباتات مزهرة ذات لقاح وأخرى من دون لقاح والرياح الملائمة لهما. تأثير الرياح الخاص على بعض النباتات. الرياح الأساسية الأربع والرياح المتوسطة: عرض مسهب لكل منها مع إشارة إلى الفصول التي تعصف فيها وما ينتج عنها، وذلك تحت تأثير حركة الشمس من خلال صور البروج. خصائص وتغييرات الفصول والكواكب.

١٠ ـ **تشكل الأبخرة والرياح**: تكون البخار الرطب والبخار الجاف؛ تحول الأبخرة بفعل الرياح إلى أمطار؛ أنواع الأمطار المختلفة وأثرها المفيد والضار في مختلف أنواع النبات نوعاً وكماً. طبيعة الغيوم. فساد الثمار وفساد المياه المتدفقة (سيلي) والمياه الغزيرة (طوفاني) ومعالجة النباتات المصابة نتيجة ذلك. وصف عدة أنواع من الزبل. أضرار الأبخرة والغيوم على النبات والكواكب معاً.

١١ ـ **سبب فساد المطر السيلي** وفساد النباتات الكبيرة والصغيرة العائد إلى النباتات فقط. «آفة النجوم» أسبابها وما يدل عليها. آفات أخرى (آفات فنونية).

---

(٢٤٩) انظر مضمون هذا الفصل الطويل، في: Touffic Fahd, «Le Calendrier des travaux agricoles d'après *al-Filāḥa al-nabaṭiyya,*» dans: *Orientalia Hispanica: Sive Studia F. M. Pareja Octogenario Dicata*, edited by J. M. Barral (Lugduni-Batavorum: E. J. Brill, 1974-), pp. 245 ff.

١٢ ـ **طبيعة التربة**: طعمها المختلف؛ أهمية التربة بالنسبة إلى النبات؛ طعمها ورائحتها المؤذيان؛ معالجة كل نوع من أنواع التربة؛ الأراضي الكبريتية والمالحة؛ تغيرات ناتجة عن طبيعة التربة وأثرها بالتالي في الحيوان والنبات والجماد. الأراضي الجافة والأراضي الرطبة وأثرها في النبات. كيفية معرفة الأرض الجيدة. طبيعة التربة والزراعات الملائمة. أسباب فساد التربة: إحداها دفن الجثث. الأرض المتراصة وعلاجها؛ الأرض الكثيفة والخصبة؛ الأرض الحمراء؛ الرملية؛ الرخوة؛ الأرض الراشحة؛ الأرض الحامضة. مقارنة مذاق التربة والماء. النباتات البرية في مختلف أنواع التربة المذكورة. تتميز جميع النباتات بقدرتها على علاج الأمراض. الأرض الرمادية؛ الفحمية، الصلبة؛ الصلصالية؛ العناية بها. تكون أنواع الطعم كافة. مثال عن أراض ونباتات يزدهر فيها هذا الطعم أو ذاك؛ نباتات ذات خصائص مدهشة.

١٣ ـ **الزبل**: زبل طبيعي وزبل اصطناعي. تعداد مختلف الأسمدة. براز الإنسان وخصائصه المتعددة، منفرداً كان أو ممزوجاً مع غيره. سماد المزرعة: طريقة صنعه واستعماله. تأثير الزبل في النبات والتربة. تفوق وجودة زرق الحمام.

١٤ ـ **كيفية استئصال الأعشاب الضارة**: (الحلفاء، النجيل، خف الدجاج، الشوك، القصب) وكيفية تشذيب النباتات التي تحتاج إلى ذلك. الاستعانة ببعض الزراعات لكي يتم التخلص من هذه الأعشاب.

يعطي الكاتب في القسم الرابع الذي يعالج موضوع النباتات القرنية والنجيليات الإرشادات التالية:

١ ـ **اختيار التربة لبعض الحبوب والبذار**؛ أوان الزرع؛ شروط زراعة القمح وغيرها من الزروع؛ من البذار إلى الحصاد.

٢ ـ **زراعة ووقاية الزروع**؛ وسائل الحصول على حبوب كبيرة الحجم. معاملة المزارعين الحسنة تؤدي إلى نمو الحبة. يناسب الزروع مناخ المناطق الباردة. وسائل وقاية الزروع من مضار حشرات وطيور الأرض والجو.

٣ ـ **الحصاد**: تحضير البيدر. اختيار المكان بالنسبة إلى اتجاه الريح. ذر الحبوب. ضرر القش المسحوق.

٤ ـ **حفظ القمح والشعير**: يتم ذلك في أماكن تنساب إليها أشعة الشمس المشرقة بمعزل عن رياح الجنوب ومعرضة للهواء البارد. طرق حمايتها من الدود.

٥ ـ **الأمور التي تشير إلى فساد القمح والشعير**: الرائحة، الوزن، اللون.

٦ ـ **خبز القمح والشعير**: دور غسل الحبوب، النخالة والطحين وخصائصهما الطبية؛ الطحن والإنتاج.

٧ ـ **ميزة الخبز الجيد**: عجينة مع خميرة وعجينة من دون تخمير. بديل القمح. كيف نصنع أفضل أنواع الخبز؟ ميزة الخبز المصنوع من مزيج الطحين والماء «المعرض لضوء النجوم» (منجم)؛ نوعية الماء الواجب استعمالها. حفظ الطحين. أنواع الخبز المختلفة.

٨ ـ **ميزة القمح والشعير**: الحبوب الجيدة والرديئة وما يدل عليها؛ تأثير المناخ على نوعية الزروع وعلى صحة الإنسان؛ العلاج بالهواء الطلق؛ الأنشطة الرياضية؛ نظام الحمية؛ تسهيل عملية هضم الزروع؛ ميزاتها الغذائية؛ أنواع مختلفة للخبز المصنوع من الزروع والبلوط ومواد نباتية أخرى؛ أنواع القمح والشعير المتعددة؛ خصائص الشعير الغذائية والطبية.

٩ ـ **خبز القمح والشعير**: خصائصه الغذائية؛ طرق خبزه المتعددة؛ خصائصه الطبية؛ الخبز «المغسول» وخبز «الفتة»؛ الخبز السريع الهضم؛ مميزات مختلف أنواع الخبز؛ تحضير مغلي الشعير.

١٠ ـ **أعشاب تشبه القمح والشعير وتنمو معهما**: تعداد هذه الأعشاب؛ حبوبها مرة الطعم؛ بعضها، مثل الزؤان وشبه الجودر، يستعمل في تغذية الدواجن؛ مضار شبه الجودر للإنسان؛ خصائصه الطبية.

١١ ـ يعدد الكاتب في نهاية هذا الجزء عشرين صنفاً من الخبز المصنوع من عجينة الثمار: خبز بلوط السنديان، الكستناء الممزوجة بالذرة البيضاء، الخرنوبة الشامية، الجباب والجمار، الإجاص، حبوب الريحان الشامي (آس)، حبوب وأوراق السماق، التوت، حبوب الغار، السفرجل، السرمق أو القطف، اللوز الحلو، الزعرور، الخوخ، التين، الجميز، الكرز، حبوب الأقاقيا، الزبيب، أوراق الكرمة المجففة. يخلص الكاتب إلى القول إنه بالإمكان أن نصنع الخبز من الثمار الصالحة للأكل، وإنه باستطاعتنا أن نخفف طعم هذه الثمار إذا أضفنا إليها الأعشاب، الخضار، الملح والخل... إلخ. كما أننا نستطيع أيضاً أن نصنع الخبز من نواة الثمار، خاصة البلح والثمار ذات اللب.

١٢ ـ نستخلص في نهاية هذا الجزء أن الكاتب يتحدث عن النباتات البرية وخصائصها تبعاً للفصول والأماكن وتأثير الكواكب على كل منها بفعل العناصر الطبيعية الأربعة. استعمال النباتات البرية في الطعام وطهوها معاً. تصنيفها إلى: (أ) أشجار برية، (ب) خضار برية، (ج) أرمولات النباتات البرية. إن هذه الأعشاب البرية هي مادة طبية أكثر مما هي غذاء. استعمال الصعتر وبقلة الملك وعنب الثعلب والزوفا والشمار... إلخ.

يخصص القسم الثامن لعلم الحياة، وتشكل النبات ونجد فيه الخلاصة أعلاه.

ويخصص القسم التاسع للخضار وفيه دراسة لواحد وسبعين صنفاً.

ويخصص قسم كبير للكرمة، حيث يدرس الكاتب بعد المقدمة أنواع التربة والرياح

التي تلائمها، طريقة وأوان زرعها، اتجاهها بالنسبة إلى الرياح، تشذيبها، العناية التي تتطلبها، والأمراض التي تصيبها، كما يتحدث عن كرمة الترياق.

ويعالج القسم التاسع موضوع الأشجار، حيث يتحدث الكاتب بعد مقدمة عن الأشجار البرية عن: (أ) الأشجار المثمرة (٤١)، (ب) الأشجار الحرجية (٣٧).

ويخصص في هذا القسم عرض مطول للتطعيم الذي يصعب علينا أن نحصي أنواعه الكثيرة. يهمل الكاتب التطعيم الشائع ليتحدث عن بعض أنواع التطعيم المعينة غير المعروفة مثل: تطعيم عسلوج من شجرة سكامونيه (Scamonée) على شجرة تين أو شجرة تفاح؛ تطعيم عسلوج من نبات يشبه الخطمي (السبْت) على شجرة زيتون؛ تطعيم غصن أو قضيب ريحان (حبق) رفيع مع غصن ريحان شامي (آس) أكبر منه ثلاث مرات في جذع شجرة المشمش... الخ. تهدف عملية التطعيم هذه إلى إعطاء الشجرة المطعمة خصائص جديدة وإلى تحسين أو تنويع ثمارها.

نجد في هذا الفصل معلومات وافية مفيدة للمزارع. ويصعب علينا أن نعطي هنا ملخصاً كاملاً عنه. ويليه القسم الثاني عشر الذي يتفرد بدراسة التكون الذاتي للنبات ودراسة فن تقليد الطبيعة المسمى طريقة «ars magnus». وهو قسم يشبه الخيمياء في مدونة جابر (Corpus jâbirien). وموضوعه **الهومونكولوس** *(homonculus)* بدأ به ساحر بابلي يدعى «عنكبوتا».

ويمكن تلخيص هذا القسم على النحو التالي:

١ ـ أسباب النباتات التي تظهر وتنمو فجأة.

٢ ـ سياق تكون النبات انطلاقاً من تحجر التربة بتأثير الماء والنار والهواء.

٣ ـ إسلاس التربة بإضفاء توازن بين العناصر الأخرى فيها لتكون قادرة على التحول؛ تتشكل الحبوب والعجمات والبذار، إذن، من انحلال المواد الذي حصل في القدم.

٤ ـ انطلاقاً من هذا المبدأ قلد الإنسان عمل الطبيعة عندما أنتج نباتات جديدة بفعل التولد الاصطناعي.

٥ ـ نجد في ذلك دليلاً على إمكانية التحول بين العوالم الثلاثة، وخاصة بين عالم الحيوان وعالم النبات.

٦ ـ ولكن تتوجب معرفة مزج العناصر الملائمة لكل تولد اصطناعي. وكثيرة هي الأمثلة التي تمكن من نشر هذه التجربة على نباتات أخرى.

ويخصص القسم الثالث عشر للنخيل، وهو قسم مسهب يشكل دراسة مستقلة كما

هي الحال بالنسبة إلى الكرمة وشجرة الزيتون. يذكر الكاتب أنواع النخيل العديدة وزراعتها والعناية التي تتطلبها، وأمراضها وعلاجها، ويتحدث عن نقل الفسْل عن الشجرة الأم وعن سمو شجرة النخيل على غيرها من النباتات وخصائص ثمارها المتعددة.

هذه هي باختصار المعلومات النظرية والعملية الموجهة إلى المزارع، بالإضافة إلى تلك التي تتعلق بالنبات والزرع الواردة في القسم السابق المخصص لتصنيف النبات.

بقي كتاب **الفلاحة النبطية** لمدة طويلة المرجع الزراعي الوحيد في الشرق. وكان علينا أن ننتظر القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد لنحظى بكتاب جديد عن الزراعة: إنه القسم الرابع (الفن الرابع) من كتاب **مباهج الفكر** لجمال الدين محمد بن يحيى الوطواط الكتبي (ت ٧١٨/ ١٣١٨) الذي يستند إلى كتاب **الفلاحة النبطية** بشكل واسع[٢٥٠]. أتى على أثره مؤلفان مهمان يستحقان الذكر: الأول هو **كتاب بغية الفلاحين في الأشجار المثمرة والرياحين** للسلطان اليمني الملك الأفضل العباس بن علي الذي حكم من ٧٦٤ هـ/ ١٣٦٣م إلى ٧٧٨هـ/ ١٣٧٦م؛ الثاني **كتاب علم الملاحة في علم الفلاحة** كتبه عام ١١٣٧هـ/ ١٧١٥م عبد الغني النابلسي، وهو ملخص لمؤلف كبير عن الزراعة كان قد كتبه الدمشقي راضي الدين أبو الفضل محمد الغزي العمري (ت ٩٣٥هـ/ ١٥٢٩م) وهو مجموعة منتخبات ذات طابع عملي تعالج معرفة التربة، الري، زرع الأشجار، النباتات العطرة والأزهار، التقليم، التشذيب، التلقيح، تحسين الإنتاج، تطعيم الأشجار المثمرة، التعاطف، التشابه، النفور، التعارض بين النباتات وعلاج أمراضها[٢٥١].

لقد عرف أدب الزراعة العربية أكبر انتشار له في الأندلس. وفي إشبيلية نذكر ابن حجاج الإشبيلي مؤلف **كتاب المقنع في الفلاحة** عام ٤٦٦هـ/ ١٠٧٣م الذي اعتمد وذكر ثلاثة عشر مصدراً[٢٥٢]، وكذلك أبو خير الإشبيلي مؤلف **كتاب الفلاحة**[٢٥٣].

يستحق عمل ابن حجاج أن نتوقف عنده لأنه أدخل إلى علم الزراعة وعلم النبات عند العرب التقليد الزراعي اللاتيني ممثلاً بـ ڤارون (Varron) (القرن الأول ق.م) وكولوميل

---

(٢٥٠) حول مضمون هذا القسم، انظر: Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam*, pp. 448 - 449.

(٢٥١) نجد تفاصيل أدق حول مضمون هذا العمل في: المصدر نفسه، ص ٤٥٠ وما يليها. يوجد نشرة وضعت في دمشق في ١٢٩٩/ ١٨٨٢.

(٢٥٢) أبو عمر أحمد بن محمد بن حجاج الإشبيلي، **المقنع في الفلاحة**، تحقيق صلاح جرار وجاسر أبو صفية؛ تدقيق وإشراف عبد العزيز الدوري (عمّان: مجمع اللغة العربية الأردني، ١٩٨٢).

(٢٥٣) أفرد خوسيه م. مياس ڤيللاكروزا (José M. Millás Vallicrosa) لها دراسة، انظر: محمد بن إبراهيم بن بصال، **كتاب الفلاحة**، نشره وترجمه وعلق عليه محمد عزيمان وخوس مارية مياس ڤيللاكروزا (تطوان: معهد مولاى الحسن، ١٩٥٥). انظر أيضاً التفاصيل في: Ullmann, Ibid., pp. 444 and 446.

(Columelle) (القرن الأول من عصرنا) إلى جانب التقليد الشرقي الذي نقله كتاب **الفلاحة النبطية** المعروف جيداً من الخبراء الزراعيين في الأندلس (agrimensores andalous).

ويقول ابن حجاج انه ذكر ثلاثة وعشرين خبيراً زراعياً في نهاية كتابه(٢٥٤). الأول يدعى جونيوس (Jûnîus) أتى على ذكره ثماني وعشرين مرة، ومن المحتمل أن المقصود هو لوسيوس جونيوس موديراتس كولوميل (Lucius Junius Moderatus Columella) وهو مؤلف رسالة في الزراعة بعنوان *De re rustica*.

لقد رأينا آنفاً أن بعض المؤلفين يتبنون هذا التحديد لهوية «جونيوس» المذكور، لكن مانفريد أولمان (Manfred Ullmann) يؤكد أن جونيوس ليس إلا تحريفاً لڤندانيونوس (Vindanionos) ولا يمكننا التسليم بهذا الشرح. ولا يمكن بالتأكيد حسم هذا الموضوع إلا بعد مقارنة مع النسخة الأصلية اللاتينية لروايات ابن الحجاج.

من الطبيعي أن يترك عمل كولوميل (Columelle) الذي ولد في قاديكس (Cadix) أثره في موطنه الأصلي على صعيد المعلومات الزراعية، على الرغم من أنه عاش وكتب في إيطاليا. ومن المحتمل أن يكون ابن حجاج المتحدر من النبلاء في إشبيليا، قد تعرف إلى عمل كولوميل لأن اللاتينية كانت لغة العلم في أوساط المثقفين اليهود والمسيحيين الذين غالباً ما كانوا محط اهتمام المسلمين. إن هذا الافتراض، تسمح لنا بطرحه، بعض التشابهات.

التشابه الأول يكمن في أن الكاتبين أهديا كتابيهما إلى شخصيتين غير معروفتين منا، يحتمل أن يكونا صديقين لكل من الكاتبين: سمى كولوميل الشخص المهدى إليه ب. سيلڤينوس (P. Silvinus)، بينما نعته ابن حجاج بـ «أخي ووليي» و«أخي وجاري». يمكن لعبارة «أخي» أن تأخذ معاني مختلفة مثل «جار» (هكذا يبدو سيلڤينوس) «صديق»، «معلم»، «حمو».

أما التشابه الثاني فيظهر في المقدمة حيث ذكرت أسماء القدامى الذين برزوا في فن زراعة الأرض. أول اسمين ذكرا في هذين الكتابين هما ديموقريطس (Démocrite) وفيثاغورس (Pythagore) إذ جعلهما كولوميل مثالاً للمعلومات العامة عن الطبيعة(٢٥٥)، بينما اعتبرهما ابن حجاج من العقلاء أو من الفلاسفة «الحكماء» الذين دونوا في كتبهم عن الزراعة ما بدا لهم أنه نهاية المعرفة في هذا الفن(٢٥٦). ولقد ذكر كولوميل بالإضافة إلى

---

(٢٥٤) انظر: ابن حجاج الإشبيلي، المصدر نفسه، ص ١٢٣.

(٢٥٥) انظر: Lucius Junius Moderatus Columella, *De re rustica libri XII*, Curante Jo. Matthia Gesnero (Mannhemii: Cura and Sumptibus Societatis Literatae, 1781), book 1, p. 32.

(٢٥٦) ابن حجاج الاشبيلي، المصدر نفسه، ص ٥.

هذين الاسمين عدداً من العلماء الذين أغنوا العلوم الزراعية بمعارفهم وخبراتهم. واستعاض ابن حجاج عن ذكر لائحة أسماء لا تهم الشخص الذي يهديه كتابه، بالقول إنهم حكماء آخرون تركوا لنا ثمار فطنتهم ونتاج أفكارهم.

توخت دراسة ابن حجاج أن تكون ملخصاً مكثفاً للخبرات التي نقلها القدماء في كتاباتهم حول اقتصاد الريف. وقد أعطى في النهاية لائحة المصادر التي يبدو جلياً أنها يونانية ولاتينية وأنها تشبه اللائحة التي أعطاها كولوميل(٢٥٧). ولقد شوه النساخ هذه الأسماء لدرجة أنه يصعب إثبات هويتها.

أما فيما يتعلق بالتشابهات في المعلومات والتطبيقات الزراعية فهي عديدة. ولكي تتسنى لنا مقارنة مفصلة، قد لا تكون في مكانها هنا، نشير إلى المواضيع التي يرد فيها اسم جونيوس (Jûniûs).

ذكر اسمه في موضوع الإجاص(٢٥٨)، الزيتون(٢٥٩)، التشذيب(٢٦٠) والكشف عن جذور الكرمة، الزراعات بين الكرمة(٢٦١)، تخفيف ورق الشجر(٢٦٢)، تسميد الكرمة(٢٦٣)، الخضار(٢٦٤)، القنبيط، الخس، الكراث، الفجل، السلق(٢٦٥)، السذاب، الثوم، البصل(٢٦٦)، الأرضي شوكي(٢٦٧).

ونجد اسم جونيوس مذكوراً بشكل أساسي في زراعة الكروم، زراعة الأشجار وزراعة البساتين وهي المواضيع التي يعالجها بعناية كتاب *De re rustica*.

وكتب ابن البصال في طليطلة (الأندلس) **كتاب القصد والبيان** وهو ملخص **ديوان الفلاحة** الذي ذكره ابن العوام. يتألف الكتاب من ستة عشر فصلاً تعالج أنواع المياه، أنواع التربة الجيدة العشرة، أنواع الزبل السبعة، علامات الأرض الجيدة، زراعة الأشجار المثمرة(٢٦٨)... الخ.

ولكن ابن العوام الإشبيلي يبقى أشهر كاتب أندلسي في مؤلفه **كتاب الفلاحة** الذي

---

(٢٥٧) Columella, Ibid., book 1, pp. 6 ff.

(٢٥٨) ابن حجاج الاشبيلي، المصدر نفسه، ص ٤٣.

(٢٥٩) المصدر نفسه، ص ٨٥ ـ ٩٨.

(٢٦٠) المصدر نفسه، ص ٩٨ ـ ١٠٦.

(٢٦١) المصدر نفسه، ص ١٠٧.

(٢٦٢) المصدر نفسه، ص ١٠٨.

(٢٦٣) المصدر نفسه، ص ١٠٩.

(٢٦٤) المصدر نفسه، ص ١١٢ ـ ١١٣.

(٢٦٥) المصدر نفسه، ص ١١٤ ـ ١٥.

(٢٦٦) المصدر نفسه، ص ١١٦ ـ ١١٧.

(٢٦٧) المصدر نفسه، ص ١٢٠.

(٢٦٨) ابن بصال، **كتاب الفلاحة**.

يشمل جميع المعلومات الزراعية التي جمعها من الكثيرين من قبله بدءاً من كتاب **الفلاحة النبطية**.

يتضمن الكتاب ثلاثين فصلاً عن المادة الزراعية، وأربعة فصول عن علم الحيوان. يسمح تلخيص القسم الزراعي منه بأن نستنتج التطور الذي حققته الزراعة عند العرب منذ كتاب **الفلاحة النبطية**.

يتحدث الكاتب في الفصل الأول عن أنواع التربة: السوداء، الحمراء، البنفسجية، الصفراء، البيضاء، الصلصالية، الحجرية، الجبلية، . . . إلخ. ويشرح طريقة معرفة التربة الجيدة ووسائل تحسين الرديئة منها.

ويتحدث في الفصل الثاني عن الأسمدة، تحضيرها واستعمالها.

ويتحدث في الفصل الثالث عن المياه واستعمالها لكل نوع من النبات؛ عن الآبار وطريقة معرفة عمق المياه عن سطح الأرض.

يتحدث في الفصل الرابع عن إنشاء الحدائق، تنظيمها وتحضير النباتات المناسبة.

يعالج في الفصلين الخامس والسادس موضوع النصوب وأوان غرسها؛ نقل النبات، طريقة زرع الأشجار المثمرة مثل التفاح، التين، الكرمة. . . الخ.

يجري الحديث في الفصل السابع عن زراعة الزيتون والأشجار المثمرة والأشجار الحرجية الأخرى، زراعة الكرمة، قصب السكر، الموز، الورود. . . الخ.

يتحدث في الثامن عن التطعيم.

وفي التاسع عن تقليم الأشجار.

وفي العاشر عن الأعمال الزراعية.

وفي الحادي عشر عن تسميد التربة.

وفي الثاني عشر عن الري.

وفي الثالث عشر عن الإثمار الاصطناعي وزيادة حجم الثمار.

وفي الرابع عشر عن طريقة معالجة النباتات المصابة بالأمراض.

وفي الخامس عشر عن طريقة تعطير الثمار وتلوين الورود.

وفي السادس عشر عن طريقة حفظ البذار، الخضار، البصول، الأثمار.

وفي الفصول الأربعة عشر التي تلي، يعالج زراعات خاصة للزروع، للخضار والقرنيات؛ كما يعالج الحصاد ونباتات النسيج ونباتات تستخدم في الصباغة، ونباتات

عطرة. . . الخ.

إن غنى هذا المؤلف يجعل من الصعب تلخيص مضمونه حيث يوجد فيه أكثر من ٥٨٥ زراعة مختلفة، منها ٥٥ تتعلق بالأشجار المثمرة، وقد نشره وترجمه إلى الإسبانية ج. أ. بانكييري (J. A. Banquieri) في مدريد عام ١٨٠١ ـ ١٨٠٢م وترجمه إلى الفرنسية ج. ج. كليمان ـ مولليه (J. J. Clément - Mullet) في باريس عام ١٨٦٤ ـ ١٨٦٧[٢٦٩] وهو أيضاً الأكثر شهرة في أوروبا بين الزراعيين (Agrimensores) العرب.

وينتهي مع ابن العوام، الذي كتب في نهاية القرن الثاني عشر تقريباً، عهد الازدهار الذي عرفته الزراعة عند العرب في الأندلس.

إذا نظرنا من خلال ما تقدم نرى أن المعلومات النباتية والزراعية كانت وافرة عند العرب في القرون الوسطى. وتتجلى المعرفة الزراعية ـ التقنية والاقتصادية فيما يلي:

١ ـ في المعلومات الأولية التي يفترض أن يعرفها المزارع، مثل الأرصاد الجوية وعلم المناخ وعلم المياه والاقتصاد وإدارة الأراضي الزراعية وكل ما يمثله مفهوم امتلاك الأرض (عمارة الأرض).

٢ ـ في المعلومات الزراعية البحتة، أي علم التربة، علم البيئة الزراعية، الري، تمهيد الأرض، الغرس، نشر الأسمدة، إبادة الأعشاب الضارة، البذار، تقليم الأشجار، التطعيم، تشذيب الكرمة، الوقاية من الأمراض، علاج النبات، جميع الأعمال المتعلقة بالعناية وطرق تحسين الزراعة والنبات، الحصاد وتخزين المحاصيل.

إن المعلومات النباتية ليست أقل شأناً، إذ إن المؤلفات الزراعية، بالإضافة إلى مؤلفات علم النبات، تشرح لنا كل ما يتعلق بالأشجار المثمرة والحرجية، الشجيرات، النباتات العطرية، الزيتية، نباتات الخضرة أو البقول، النباتات البرية، القرنيات والزروع. . . إلخ. يضاف إلى ذلك مجموعة من المعطيات في الطب والطعام تبين فائدة النبات، بإمكانها أن تشكل بحثاً في الاقتصاد الغذائي يكون تتويجاً للأعمال الزراعية.

حتى وإن شكلت هذه المؤلفات النباتية والزراعية التي ذكرت آنفاً المصادر الأساسية لتاريخ علم النبات وعلم الزراعة فهي ليست الوحيدة التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في هذا المجال. فبالإمكان تجميع معطيات عن علم النبات وعن الزراعة من مؤلفات تدور حول المال مثل **قوانين الدواوين** لابن مماتي والمؤلف المالي للمخزومي[٢٧٠] من جهة،

(٢٦٩) لمزيد من التفاصيل، انظر: Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* pp. 447 - 448.

(٢٧٠) انظر: Cl. Cahen, «Notes pour l'histoire de l'agriculture dans les pays musulmans médiévaux I: Coup d'œil sur la littérature agronomique musulmane hors d'Espagne,» *Journal of the Economic and Social History of the Orient,* vol. 14 (1971), pp. 63 - 68.

ومؤلفات موسوعية شاملة مثل الفصل ذي العنوان «باب الشجر والنبات» من كتاب **عيون الأخبار** لابن قتيبة (ت ٢٧٦هـ/ ٨٨٩م)[٢٧١]، **ورسائل إخوان الصفا** (الرسالة الواحدة والعشرون)، ومقاطع حول الطبيعيات في الكتابات الفلسفية والطبية مثل كتاب **الشفاء** (المقطع السابع) لابن سينا[٢٧٢]، ومؤلفات ذات طابع تاريخي وتتعلق بعلم الأرض مثل **كتاب الاعتبار** لعبد اللطيف البغدادي، **وعجائب المخلوقات**[٢٧٣] للقزويني، **ونهاية الأرب** لشهاب الدين النويري[٢٧٤]، **ومطالع البدور**[٢٧٥] للجزولي، **وخريدة العجائب**[٢٧٦] لعمر بن الوردي[٢٧٧] من جهة أخرى. ونشير إلى أن ما نجده في هذه المؤلفات لا أهمية له سوى أنه يأتي على ذكر بعض الكتابات المفقودة أو الملاحظات الشخصية عن حالة الزراعة في العصور المتعاقبة.

إننا لا نستطيع أن نكتب تاريخاً كاملاً لعلم النبات وعلم الزراعة عند العرب إلا إذا قمنا بدراسة وتقدير وتقويم جميع معطيات هذه المصادر. لذا اكتفينا هنا بعرض العناصر الأساسية في تاريخ علم النبات وعلم الزراعة.

---

(٢٧١) أبو محمد عبد الله بن مسلم بن قتيبة، **عيون الأخبار**، ج ٢، ص ١٠٦ وما يليها. وقد ترجم قسم منها إلى الألمانية: Wiedemann (1915), pp. 116 - 118.

(٢٧٢) انظر: Asín Palacios, «Avempace Botánico,» pp. 255-299.

(٢٧٣) انظر: Eilhard E. Wiedemann: «Aus der Botanik des Muslimischen Volkes,» *Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik,* Bd. 3 (1912), pp. 299 - 306, and «Übersetzungen und Besprechung des Abschnitts über der Pflanzen von Qazwīnī,» *Sitzungsberichte der Physicalisch - medizinischen Sozietät in Erlangen,* Bd. 48 - 49 (1916 - 1917), pp. 286 - 321.

(٢٧٤) انظر: شهاب الدين أحمد بن عبد الوهاب النويري، **نهاية الأرب في فنون الأدب**، ٣١ ج (القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٩٢٣ ـ ١٩٩٢)، ج ١١، ص ١ ـ ٣٣٠، و Eilhard E. Wiedemann, «Über den Abschnitt über die Pflanzen bei Nuwayrī,» *Sitzungsberichte der Physicalisch - medizinischen Sozietät in Erlangen,* Bd. 48 - 49 (1916 - 1917), pp. 151 - 176.

(٢٧٥) الجزولي، **مطالع البدور**، ج ١، ص ٩٣ ـ ١١٣.

(٢٧٦) زين الدين عمر بن مظفر بن الوردي، **خريدة العجائب وفريدة الغرائب**، ص ١٧٤ ـ ١٩٧.

(٢٧٧) لمزيد من التفاصيل، انظر: Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* pp. 77 ff.

ـ ٢٥ ـ
الخيمياء العربية

جورج قنواتي[*]

مقدمة

إن العديد من الباحثين، وبعد أعمال الكيميائي الفرنسي مرسولين برثلو (Marcellin Berthelot)[١] عن الخيمياء، وبالإستناد إلى نصوص لم تكن منشورة ثم اكتشفت وطبعت، أبدوا اهتماماً بدراسة الخيمياء عند العرب. ومنهم ليپمان (Lippmann)، وايدمان (Wiedemann)، غانزنمولر (Ganzenmüller)، ستاپلتون (Stapleton)، هولميارد (Holmyard)، پلسنر (Plessner)، وبخاصة پول كراوس (Paul Kraus) الذي يبقى مؤلفه عن جابر بن حيان أثراً نموذجياً في هذا المجال. ولاحقاً حاول هنري كوربن (Henry Corbin) في سياق أبحاثه عن المذهب الشيعي، أن يعطي تفسيراً باطنياً للنصوص الخيميائية الكبرى، وقد كان له تلامذة. كما أن بعض الكتاب المعاصرين، وعلى سبيل المثال روجيه دولادريار (Roger Deladrière) وبيار لوري (Pierre Lory) لم يكونوا بمنأى عن تأثيره. لذلك لم تعد الخيمياء العربية تلك «الأرض المجهولة» (terra incognita)، التي كانت تتحدى

(*) مؤسس المعهد الدومينيكي للدراسات الشرقية في القاهرة، متوفى.

قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

(١) توفي سنة ١٩٠٧ وهو مؤلف أعمال عن تركيب الأجسام العضوية وعن الكيمياء الحرارية. إن أعماله عن تاريخ الكيمياء هي هامة، انظر: Marcellin Pierre Eugène Berthelot: *Les Origines de l'alchimie* (Paris: G. Steinheil, 1885), réimprimé (Paris: Librairie des sciences et des arts, 1938); *Introduction à l'étude de la chimie, des anciens et du moyen âge* (Paris: G. Steinheil, 1889); *Histoire des sciences: La Chimie au moyen âge,* 3 vols., vol. 1: *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge;* vol. 2: *L'Alchimie syriaque,* en collaboration avec R. Duval; vol. 3: *L'Alchimie arabe,* textes et traductions, en collaboration avec O. Houdas (Paris: Imprimerie nationale, 1893), réimprimé (Amsterdam: [s. n.], 1968).

ومنذ قرن النشاط الفكري لمؤرخي العلوم.

إن العدد الكبير من الوقائع التي جمعت، أوحت إلى سزجين (Fuat Sezgin) وأولمان (Manfred Ullmann) بوضع عرض تركيبي عنها. وقد قام الأول بهذا العمل في إطار سلسلته *Geschichte des arabischen Schrifttums*، حيث ان المجلد الرابع، الذي ظهر سنة ١٩٧١، قد كرس صفحات طويلة للخيمياء. وبدوره، عرض أولمان في كتابه *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam* الذي ظهر سنة ١٩٧٢، على مئة صفحة تقريباً مجموع المصنفات الخيميائية العربية، دارساً على التوالي الترجمات والعبارات المنسوبة إلى الخيميائيين انطلاقاً من الكتاب اليونانيين، بالإضافة إلى دراسته للمصادر المصرية والهندية والفارسية واليهودية والمسيحية، ثم النظريات الخيميائية والبحث عن الإكسير والتجارب في المختبر والمادة المستخدمة، وقد جاء كل ذلك موثقاً بشكل غزير.

لن يكون باستطاعتنا، في هذا الفصل القصير المخصص لنا، معالجة تاريخ الخيمياء في كل اتساعه، لذلك نحن مجبرون على تناول الأساسي منه. وهذا هو المخطط الذي سنتبعه. في الجزء الأول سندرس المصادر القديمة التي كانت معروفة ومستخدمة من قبل الخيميائيين العرب، والتي تمثل بشكل خاص أعمال الكتّاب اليونانيين، وذلك من خلال ترجمات هذه الأعمال إلى العربية، كما سندرس المصادر المصرية والهندية واليهودية والمسيحية. وسنحاول أن نميز طبيعة الإسهام الهلينستي والبيزنطي.

أما الجزء الثاني، وهو عبارة عن تسلسل تاريخي، فسيكون مكرساً لدراسة الخيميائيين العرب أنفسهم، مع التركيز على تناول شخصيتين مهمتين. هما جابر بن حيان وأبو بكر الرازي المعروف بـ «Le Rhazès» في الغرب في القرون الوسطى. وأخيراً، في الجزء الثالث سنعرض مع بعض التفاصيل الحكم الذي أطلقه على الخيمياء مفكران عربيان كبيران، هما ابن سينا وابن خلدون.

الاشتقاق(٢)

إن كلمة الخيمياء، وكما تبين ال التعريف، هي كلمة عربية (الكيمياء). أما أصل هذه الكلمة قبل أن يستعملها العرب فهو موضوع نقاش. لقد تم تقديم عدة فرضيات إما معقولة إلى حد ما أو خرافية، إذ يعتقد بعضهم أن الكلمة أتت من المصرية Kemi (أسود)،

(٢) انظر: Eilhard E. Wiedemann, «Kīmyā,» dans: *Encyclopédie de l'Islam* (Leiden: E. J. Brill; Paris: A. Picard et fils, 1913 - 1936); Manfred Ullmann, «Kīmyā,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, 6 vols. parus, 2ème éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960-), vol. 5, pp. 112 - 118; Edmund Oskar von Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren* =

ومن ثم من اليونانية Kemia، التي يمكن أن تعني شيئين:

أ ـ إما مصر، أي «الأرض السوداء» وفقاً لپلوتاركوس (Plutarque)، وفي هذه الحالة تكون الخيمياء علم مصر بامتياز.

ب ـ وإما «الأسود»، وهي المادة الأصلية للتحويل، أي أنها تعني فن معالجة «المعدن الأسود» لاستخراج المعادن الثمينة منه.

إن كلمة كيمياء، بالنسبة إلى بعض آخر، قد تكون أتت من اليونانية Khymeia، أي «الصهر»، الذي يعني فن صهر الذهب والفضة. وهناك نص بيزنطي (Le Souda) يقول إن ديوقليسيانوس (Diocletien) أتلف الكتب المصرية المتعلقة بالـ Khymeia، أي «بصهر» الذهب والفضة.

أولاً: مصادر الخيمياء عند العرب

فيثاغورس (Pythagore)

غالباً ما يرد ذكره في الفلسفة العربية وفي أدب الحكمة. فيسميه الجلدكي، **المعلم الأول**، لأنه تملك علم الكتابات الهرمسية. ويذكره جابر كمؤلف خيميائي ويتحدث عن **طائفة فيثاغورس**، أي مدرسته، وعن مؤلفه **كتاب المصححات**. وهناك استشهادات أخرى متعلقة بنظرية الأعداد لفيثاغورس. كما يشير إليه الطغرائي مرات عديدة ويرجع إلى مؤلفه عن «الأعداد الطبيعية». إن مقاطع النصوص المنسوبة إليه قد تكون صادرة إما عن *Turba philosophorum*، حيث هو من بين المشاركين فيها، وإما عن كتابات أخرى(٣).

= *Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte,* vol. 1 (Berlin: Springer, 1919), pp. 60 - 63, et vol. 2 (Berlin: Springer, 1927), pp. 50 ff; Jean Doresse, «Alchimie byzantine, alchimie antique et alchimie médiévale,» *Revue des conférences françaises en orient,* 15ème année, no. 3 (mars 1951), p. 116, et André Marie Jean Festugière, *La Révélation d'Hermès Trismégiste,* études bibliques, 4 vols. (Paris: Le Coffre, J. Gabalda, 1944 - 1954), vol. 1, p. 218.

(٣) حول فيثاغورس، انظر: «Fīthāgūrus,» dans: *Encyclopédie de l'Islam,* 2ème éd., vol. 2, pp. 950 - 952.

انظر أيضاً مؤلف پلسنر المنشور بعد وفاته، في: Martin Plessner, *Vorsokratische Philosophie und Griechische Alchemie in Arabisch-lateinischer Überlieferung: Studien zu Text und Inhalt der Turba Philosophorum,* Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 4 (Wiesbaden: F. Steiner, 1975).

أرخيلاوس (Archelaos)

ورد ذكره في **الفهرست**[٤] وفي **فضائل مصر**[٥] للكندي. وقد اعتبر كتلميذ لأنكساغوراس (Anaxagoras) وكمعلم لسقراط (Socrate). وينبغي عدم الخلط بينه وبين البيزنطي الذي يحمل الاسم نفسه، وهو مؤلف القصيدة الخيميائية التي تعد ٣٣٦ بيتاً[٦].

وقد اعتبره العرب مؤلف *Turba philosophorum* (**مصحف الجماعة**) ونسبوا إليه **رسالة مد البحر ذات الرؤية**، وهي عبارة عن نص تم الكشف عنه في إطار رؤية تتعلق بالمد والجزر[٧]، وترجم إلى اللاتينية بعنوان *Visio Arislei*، وهو يظهر كمتابعة لـ *Turba philosophorum*.

سقراط[٨]

لا يُعدّ سقراط حكيماً فقط، بل خيميائياً أيضاً، ويسميه جابر «أباً ومعلماً لكل الفلاسفة» ويعتبره نموذجاً لكيميائي حقيقي يحتذى به. ومنذ عهد سقراط وامتداداً إلى عصر جابر كان هنالك تقليد متواصل ينسب إليه مؤلفات كاملة. وفيما يتعلق بالمعارف الخيميائية، فإن جابر يؤكد أن سقراط كان يعارض كتابتها، لكي لا تكون عرضة لجهل الناس. إن العدد الأكبر من الإسنادات إلى سقراط، يتعلق بتأملاته في مجال علم الأعداد (نظرية الميزان) وبالتوليد الاصطناعي أيضاً.

---

(٤) Muḥammad Ibn Isḥāq Ibn al-Nadīm, *Kitāb al-Fihrist,* mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller, 2 vols. (Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871 - 1872), p. 353, 25; édité par Rida Tajaddud (Téhéran: [s. n.], 1391/1971); traduction anglaise par: Bayard Dodge, ed. and tr., *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture,* Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83, 2 vols. (New York: Columbia University Press, 1970).

(٥) أبو عمر محمد بن يوسف الكندي، **فضائل مصر**، ص ١٩١، ١١.

(٦) Manfred Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* Handbuch der Orientalistik; I VI, 2 (Leiden: E. J. Brill, 1972), p. 153.

(٧) Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte,* vol. 1, p. 108.

(٨) انظر: Ullmann, Ibid., pp. 153 - 154; Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982), vol. 4, pp. 94 - 96; and Paul Kraus, *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam,* mémoires de l'institut d'Egypte; t. 44 - 45, 2 vols. (Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archéologie orientale, 1942 - 1943), réimprimé du vol. 2 (Paris: Les Belles lettres, 1988), vol. 2, pp. 52 - 54.

أفلاطون (Platon)[٩]

سبق أن اعتبره أولمبيودور (Olympiodore) (نهاية القرن السادس) خيميائياً، ويذكره ابن النديم في لائحة الخيميائيين. كما يشير بطرس الإليمي إلى جهاز خيميائي يعرف باسم **حمام أفلاطون**.

من بين الكتب التي ينسبها العرب إليه يمكن أن نذكر *Summa Platonis*، الذي لا نملك عنه سوى نسخته اللاتينية. غير أنه يوجد شرح لهذا المؤلف وهو **كتاب الروابيع**، الذي نشر نصه العربي على يد عبد الرحمن بدوي، والذي تعرف ترجمته اللاتينية باسم *Liber quartorum*[١٠]. إن محتوى هذا المؤلف هو بخاصة خيميائي، لكنه يتضمن أيضاً معلومات حول الهندسة والفيزيولوجيا والتنجيم. والكتاب القدامى الذين ورد ذكرهم فيه هم: أفلاطون، أرسطو، بطلميوس، هيپاركوس (Hipparque)، بروكلس (Proclus)، السفسطائيون، أوستانس (Ostanès)، هرمس (Hermès)، أسكليپيوس (Asclépius) وأبقراط (Hippocrate).

نشير كذلك إلى أن أفلاطون يأخذ الكلام في الخطاب الخامس والأربعين من *Turba philosophorum*؛ وينتهي هذا الخطاب بالجملة التالية: **الطبيعة تلزم الطبيعة والطبيعة تقهر الطبيعة والطبيعة تفرح للطبيعة**، إنه قول مأثور، غالباً ما يتم الاستشهاد به في المصنفات الخيميائية العربية تحت اسم أفلاطون أو بشكل مغفل. وهو يأتي من *Physika Kai Mystika* لديموقريطس (Démocrite).

أرسطو (Aristote)[١١]

يعتبر أرسطو كمؤلف خيميائي، ولا يعود ذلك إلى مؤلفه كتاب **الآثار العلوية**، بقدر ما يعود إلى شهرته كعالم شمولي. وقد وضع كتاباً عن الخيمياء لتلميذه الإسكندر. وفي العام ٦١٨ م، وبأمر من هيراقليوس (Heraclius)، ترجم الراهب جان (Jean) الكتاب إلى السريانية، وتحقق من استقامته العقيدية أسقف نصيبين إليّا برشناية. أخيراً، وضع عبد إيشوع بار بريكا، أسقف سنجار ومن ثم نصيبين شرحاً له بالسريانية، وهناك ترجمة عربية لهذا

---

(٩) Kraus, Ibid., vol. 2, p. 51, and D. Waley Singer, «Alchemical Texts, Bearing the Name of Plato,» *Ambix*, vol. 2 (1946), pp. 115 - 128.

(١٠) انظر: أفلاطون، «كتاب الروابيع،» في: عبد الرحمن بدوي، **الأفلاطونية المحدثة عند العرب**، دراسات إسلامية؛ ١٩ (القاهرة: مكتبة النهضة المصرية، ١٩٥٥)، المقدمة، ص ٤٢ ـ ٤٣.

(١١) Ullmann, Ibid., p. 157.

الشرح[١٢]. يتضمن النص مدخلاً، يعرض فيه عبد إيشوع التاريخ الأسطوري للنص، ثم رسالة من الإسكندر إلى أرسطو حيث يطرح عليه أسئلة، يجيب عنها هذا الأخير، ويسمى هذا الحوار **صحيفة كنز الله الأكبر**. كما يتضمن النص ثلاثة فصول هي: (١) حول المبادىء الكبرى للخيمياء. (٢) العمليات الخيميائية. (٣) الإكسير. وفي النص ورد ذكر فيثاغورس، ديموقريطس، أسقلبياذس، هرمس، أفلاطون، أوستانس وبليناس.

هناك أيضاً حوار بين أرسطو والهندي يوهين، الذي أرسله ملك الهند كمبعوث إلى الإسكندر، لكن ابن النديم ينسب هذا الحوار إلى أوستانس. وأخيراً، في مدونة جابر يوجد كتاب مصححات أرسطوطاليس[١٣].

بورفيرس (Porphyre) (ت حوالى ٣٠٣م)

غالباً ما يرد ذكره، وبالأخص على يد جابر الذي ينسب إليه التولد الاصطناعي[١٤]. كما يذكره أيضاً الخيميائيون اللاحقون كالطغرائي والجلدكي.

جالينوس (ت حوالى ١٩٩م)[١٥]

وفقاً لموجز عن **كتاب الحجر على رأي بليناس**، فإن جالينوس كان مهتماً بالخيمياء قبل أن يتفرغ لدراسة الفلسفة. ففي الواقع، يرد ذكره أحياناً كصاحب تأثير في الخيمياء[١٦]، وتوجد في المكتبة الوطنية في القاهرة مقاطع من نصوص خيميائية منسوبة إليه.

---

(١٢) انظر: H. E. Stapleton, «Further Notes on the Arabic Alchemical Manuscripts in the Libraries of India,» *Isis,* vol. 26, no. 71 (1936), p. 129; Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* vol. 4, p. 102, and
بلينوس (الحكيم)، **كتاب سر الخليقة وصنعة الطبيعة: كتاب العلل**، تحقيق أورسولا وايسير. مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة العلوم الطبيعية؛ ١ (حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٧٩).

(١٣) Kraus, *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam,* vol. 1, p. 66, no. 206.

(١٤) المصدر نفسه، مج ٢، ص ١٢٢ ـ ١٣٤ و Ullmann, Ibid., p. 158.

(١٥) Kraus, Ibid., vol. 2, p. 326.
نشير أنه غالباً ما يكون هناك لبس بين جالينوس وأبولونيوس؛ انظر تقديم طبعة بلينوس الحكيم التي وضعتها أورسولا وايسير، في: بلينوس (الحكيم)، المصدر نفسه.

(١٦) Kraus, Ibid., vol. 1, p. 178.

بولوس ديموقريطس المنديسي (Bolos Démocrite de Mendès)[١٧]

عاش في القرن الثاني قبل الميلاد. وأعماله متنوعة وتشمل الخيمياء والتنجيم والطب. وقد أسس على الأرجح التقليد الخيميائي، الذي تم نقله من خلال مؤلف للمزعوم ديموقريطس وهو *Physika Kai Mystika*، حيث يعرض هناك الفروع التقليدية الأربعة في الخيمياء، وهي الذهب والفضة والأحجار الثمينة والأصباغ. كما نجد الصيغة الشهيرة التي تلخص جوهر الفن الخيميائي: «الطبيعة تُسحر بطبيعة أخرى والطبيعة تقهر طبيعة أخرى والطبيعة تهيمن على طبيعة أخرى».

كيف تتوضح هذه المسلمة في التطبيق نفسه؟ يفسر لنا زوسيم (Zosime)، وهو شارح من القرن الرابع، الأمر على الشكل التالي[١٨]: «نستطيع أن نباشر بتحويل المعدن العادي إلى معدن كريم بصنع سبائك أو بتنقية المعادن، وهذا يتم بالاستناد إلى تجانس المعادن بعضها مع بعضها الآخر، ومن خلال معرفتنا «بانجذابها وتنافرها». إن المادة الأولية والانجذاب والتحويل بالتغيير النوعي (للألوان) هي المبادىء المكونة للخيمياء»[١٩]. وهكذا، فإن مدرسة بولوس تحمل إلى التقنية المصرية فكراً فلسفياً، سيفتح الطريق أمام علم الصنعة الكبرى. يقول فستوجيار (Festugière): «ومرة أخرى نرى حصول اتحاد الفكر اليوناني والفن الشرقي. إن الفن موجود منذ أقدم العصور، فصائغو مصر كانوا يشتغلون بالمعادن والأحجار والأرجوان. وإذا كان لديهم عدد لا يحصى من الوصفات المنقولة من الأب إلى الابن والمدونة في سجلات المعابد، غير أنه كان ينقصهم منهج استدلالي، إذ لم يربط أحد من المصريين هذه التجارب بمبادىء تفسرها وتعللها. فنحن نملك التطبيق لا النظرية. وهذه النظرية ستكون إسهام الفكر اليوناني. إن مأثرة بولوس المنديسي تكمن في توحيده العقيدة والتجربة وفي تأسيسه بذلك لشبه علم سيجتاز العصور وصولاً إلى الكيمياء الحديثة»[٢٠].

وفي ذلك العصر نفسه تقريباً، كانت الخيمياء تمارس في أغلب المدن المصرية. وكانت هذه الخيمياء الأولى مزيجاً من العناصر الهرمسية أو الغنوصية والفلسفة اليونانية القديمة: هيرقليطس (Héraclite)، امباذوكليس (Empédocle) وتأملاتهما حول العناصر الأربعة، برمنيدس (Parménide) ونظريته عن وحدة كل شيء، أفلاطون ونشأة الكون كما وردت في حواره المعروف باسم **تيماوس** *(Timée)*.

---

(١٧) انظر: Festugière, *La Révélation d'Hermès Trismégiste*, pp. 25 - 26; Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte*, vol. 1, pp. 44 ff, and Ullmann, Ibid., p. 150.

(١٨) Festugière, Ibid., p. 237.

(١٩) المصدر نفسه.

(٢٠) المصدر نفسه، ص ٢٣٧ ـ ٢٣٨.

زوسيم (Zosime)[٢١]

إن الشخصية الأكثر شهرة في ذلك العصر هي زوسيم من بانابوليس (أخميم في مصر العليا)، الذي عاش على الأرجح في أواخر القرن الثالث وبداية القرن الرابع. وقد كتب في الخيمياء موسوعة من ٢٨ كتاباً، أهداها إلى أخته ثيوسبيا (Théosebia). إن بعض المقاطع في الموسوعة هي أصيلة، إلا أن القسم الأكبر منها قد نقل من نصوص أكثر قدماً وهي مفقودة حالياً. إن اسم المؤلف بالعربية غالباً ما دون بأشكال مختلفة، وذلك بسبب الالتباس في الكتابة: ريسِمُس، روسِم، روسَم. وقد أكد القفطي أن زوسيم عاش قبل الإسلام.

روى المؤلفون العرب أمثال جاهز وابن دريد والتوحيدي بعض حكمه ونوادره. ويسميه ابن أرفع رأس «**الحكيم الجامع والشهاب اللامع**». أما ابن النديم فيذكر أربعة كتب له: (١) **كتاب المفاتيح في الصنعة**، (٢) **السبعون رسالة**، (٣) **كتاب العناصر**، (٤) **كتاب إلى جميع الحكماء في الصنعة**.

وتحمل رسالته إلى ثيوسبيا العنوان التالي: **مصحف الصور**. وغالباً ما حرف اسم الأخت إلى: أتسابيا، أمتوثسيا، أثاسيا، . . .

يقف زوسيم عند نهاية مرحلة تطور للخيمياء، التي أصبحت مع بولوس ذات طابع فلسفي، بينما تحولت مع زوسيم إلى ديانة روحانية، حيث تهيمن فيها فكرة الخلاص. وفي الواقع، فإن المرحلة التي تفصل بين بولوس ديموقريطس وزوسيم شهدت نشاطاً خيميائياً كبيراً. لذلك فإن العناصر الأشد تنوعاً، أي السحر المصري، الفلسفة اليونانية، الأفلاطونية المحدثة، التنجيم البابلي، اللاهوت المسيحي، الميثولوجيا الوثنية، هي موجودة في كتابات زوسيم[٢٢]. فقد تشبع بالكتب الغنوصية والهرمسية وعرف التأملات اليهودية حول العهد القديم. وقد أعطى الخيمياء طابعاً دينياً لن يتركها أبداً، على الأقل في مسارها التقليدي، لأنها عند الخيميائيين العرب ستحافظ على طابعها التقني الملموس قبل أن تلتقي بالتأملات الغنوصية الإسماعيلية.

يصر زوسيم ومعاصروه، الذين أخذوا التقاليد عن أسلافهم، على علاقتهم مع مصر الفراعنة أو بلاد فارس زرادشت وأوستانس. ونجد كتابات وضعت تحت اسم أغاثودمون (Agathodémon)، الذي أخذ على أنه هرمس. وهنالك بعض الكتابات التي تدعي أن نصوصاً خيميائية قد نقشت بالهيروغليفية على النصب التذكارية، غير أنه كان محظراً تماماً الإفشاء بها.

---

(٢١) المصدر نفسه، ص ٢٦٣ ـ ٢٨٢.

(٢٢) انظر: Eric John Holmyard, *Alchemy*, Pelican Books; A 348 ([Harmondsworth, Eng.]: Penguin Books, 1957), p. 26.

بقيت هذه الخيمياء اليونانية ـ المصرية في الإسكندرية على مدى قرون عديدة. ومن هناك انتقلت، من جهة، إلى القسطنطينية، حيث تم اقتباس مختلف الآثار القديمة من «مجموعة الخيميائيين اليونانيين»، ومن جهة أخرى إلى العرب عندما فتحوا مصر في القرن السابع[٢٣].

هرمس والأدب الهرمسي[٢٤]

وفقاً لابن النديم[٢٥]، يعتبر الخيميائيون العرب البابلي هرمس أول من تحدث عن الفن الخيميائي. بعد أن نفاه مواطنوه أتى إلى مصر، حيث أصبح ملكاً هناك. وقد كتب عدداً من الكتب حول الخيمياء واهتم كذلك بدراسة قوى الطبيعة الخفية.

يقدم **الفهرست** لائحة بثلاثة عشر كتاباً لهرمس عن الخيمياء[٢٦]، لكن بعضها، في الواقع، ينتمي إلى السحر. كذلك عرضت نصوص أخرى: (١) **الفلكية الكبرى** (الرسالة الكبرى للكرات السماوية) من هرمس إلى دنديراه (Dendérah)؛ (٢) **رسالة السر**؛ (٣) **كتاب هرمس إلى تات في الصنعة**؛ (٤) **رسالة حرب الكواكب البربوية**؛ (٥) **تدبير هرمس الهرامسة**؛ (٦) **صحيفة هرمس العظمى**، وقد شرحها الجلدكي؛ (٧) **رسالة قبس القابس في تدبير هرمس الهرامسة**.

سر الخليقة لبلينوس[٢٧]

يحمل كتاب **سر الخليقة وصنعة الطبيعة** أيضاً عنوان **كتاب العلل**؛ وكان أحياناً يسمى ببساطة **الكتاب الجامع للأشياء**. وفي مقدمته نجد المدعو ساجيوس، أسقف نابلس الذي

---

(٢٣) هناك حالياً مناظرة هامة حول موضوع الانتقال هذا.

(٢٤) Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* pp. 165 - 167 and 289 - 291.

(٢٥) Ibn al-Nadīm, *Kitāb al-Fihrist,* p. 351, 19.

(٢٦) Fück, «The Arabic Literature on Alchemy according to Ibn al-Nadīm,» *Ambix,* vol. 4 (1951), pp. 91 and 114, and Julius Ruska, *Tabula Smaragdina: Ein Beitrag zur Geschichte der Hermetischen Literatur,* Arbelten aus dem Institut für Geschichte der Naturwissenschaften; 4. Heidelberger Akten der von Portheim Stiftung; 16 (Heidelberg: C. Winter, 1926), pp. 65 - 67.

(٢٧) انظر: Ullmann, *Die Natur-und Geheimwissenschaften in Islam,* pp. 171 ff, and Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* vol. 4, pp. 163 - 165.

إن هذا النص لبلينوس قد درسته أورسولا وايسير، انظر: بلينوس (الحكيم)، **كتاب سر الخليقة وصنعة الطبيعة: كتاب العلل**. انظر أيضاً: Henry Corbin, *L'Alchimie comme art hiératique* (Paris: Hermé, 1986).

يشرح أقوال بليناس. وقد وجد الأخير النص هذا في الوقت نفسه مع تابولا (Tabula) في قبة تحت الأرض في طيان (Tyane)، تحت نصب لهرمس العظيم ثلاثاً. ويقدم الشارح دراسة كونية تخطيطية للكون كله ابتداءً بالكرات السماوية وصولاً إلى أصغر المواد المعدنية والنباتات والحيوانات والإنسان. وهو يريد أن يجد لكل ظاهرة علتها، ومن هنا كان العنوان **كتاب العلل**.

عاش الكاتب، بوجه الاحتمال، في عصر المأمون (٨١٣ ـ ٨٣٣ م)، كما أكد ذلك الرازي. ومن بين مصادر كتابه نستطيع أن نجد عناصر من **كتاب الطبيعة والإنسان** للمسيحي الأفلاطوني المحدث نميسيوس ديميس (Némésius d'Émèse). غير أن الأعمال الحديثة تنزع إلى إرجاع هذا المؤلف إلى عصر أكثر قدماً. إن آخر فصل من كتاب بليناس هو معروف جداً تحت اسم *Tabula Smaragdina* وسندرسه فيما بعد.

هناك كتاب خيميائي ثانٍ لبليناس عنوانه **كتاب الأصنام السبعة**، عرف من خلال الجلدكي، الذي يذكره ويشرحه في كتابه الضخم **البرهان**. يتعلق الأمر هنا باستعارة رمزية خيميائية حول المعادن، وتظهر أيضاً كوحي. هناك أيضاً كتاب خيميائي آخر له، عنوانه **كتاب القمر الأكبر**.

لوح الزمرد (La Tabula Samaragdina)(٢٨)

إن أحد أقدم المستندات وأهمها، والذي كثيراً ما ثمنه الخيميائيون العرب وغالباً ما شرحوه، هو لوح الزمرد المعروف تحت عنوان ترجمته اللاتينية. وهو يعتبر كمتضمن لعقيدة الصنعة الخيميائية وينسب إلى هرمس أو إلى الإله المصري توت (Toth). ويعزو الخيميائيون إليه أصلاً أسطورياً، فيزعمون أن اللوح قد نقش على زمردة على يد هرمس نفسه ووجد في ضريح هذا الأخير. وقد كان معروفاً بشكل جيد في بداية القرون الوسطى اللاتينية في نسختين على الأقل. لكن مصدره العربي قد تم إثباته على يد هوليارد (Holmyard) في البداية، ثم على يد روسكا (Ruska).

هذا ما نستطيع فهمه من هذا النص المكتنف بالأسرار: هناك تطابق ونوع من تفاعل متبادل بين العالم السماوي والعالم الأرضي؛ كل تجليات المادة تملك الأصل نفسه؛ إن روحاً أو فكراً شمولياً يعبر العالم الأكبر والعالم الأصغر؛ إن الشمس والقمر يمثلان على الأرجح الذهب والفضة، على الرغم من أن عدداً من الخيميائيين لاحقاً أرادوا أن يروا في هذا النص الكبريت والزئبق.

---

(٢٨) Ruska, Ibid.

أغاثودمون (Agathodaimon)(٢٩)

يعني هذا الاسم طبقاً للاشتقاق «الجني الطيب»، الذي يصون من الشرور المهددة للإنسان أو للبيوت. وقد أشار أيضاً إلى الإله ـ الثعبان، ومع تشييد الإسكندرية أخذ شهرة إله يتجلى، إله للأرواح وأخيراً إله العالم.

إنه يتمتع عند الخيميائيين بمكان الصفوة، لكن قسمات وجهه بقيت غير واضحة. إذ إن ألمبيودورس يحدد هويته على أنه التنين أورابورس (Drakôn Ouraboros) أو فيلسوف مصري قديم، أو ملاك أو إله. وقد نسب إليه مؤلفان خيميائيان باليونانية.

وفي العربية نجد اسمه بأشكال مختلفة هي: أغاثادمون وأغاثودمون، وفي أغلب الأحيان بشكل مختصر أغاديمن. وبهذا الشكل الأخير بالذات ظهر في اللاتينية في *Turba Philosophorum*. إن المعلومات المنتشرة عنه متناقضة. فالكندي يؤكد أن أغاثودمون وفيثاغورس هما تلميذان لهرمس، في حين أن مبشر والقفطي يزعمان أن الأول هو معلم هرمس. أما ابن أبي أصيبعة فقد جعل منه معلماً لأسكليبيوس. ويروي المسعودي أن الهرمين الكبيرين هما ضريحان لهرمس وأغاثودمون، وأن هذا الأخير قد عاش قبل هرمس بألف سنة. ويعتبره صابئة حران نبياً مثل هرمس وهوميروس (Homère) وأراتوس (Aratos).

تم اكتشاف مؤلف صغير في الهند، هو **رسالة الحذر**، ينسب إلى أغاثودمون «الصابىء، النبي والمعلم». وقد أجرى ستاپلتون (Stapleton) تحليلاً له وترجم مقتطفات منه. وقد كان النص معروفاً من زوسيم، الذي يستشهد ببضعة مقاطع منه. في هذا المؤلف يعلن الكاتب أنه قد وضعه وفق مبادىء هرمس المأخوذة من «كتبه» وبشكل خاص على حكمه: «الحجر هو حجر وليس حجراً». هذا «الحجر النبيل» أو «الإكسير» ينتج عن «شيء ما» (أي الكل هو الله وما خلقه الله معاً)، والذي اعتبره الحرانيون، على ما يبدو، كطبيعة أساسية (**كيان**) لكل المواد المعدنية والمعادن. يقدم المؤلف تفاصيل تطبيقية من أجل الحصول على هذا «الحجر»، الذي يصف خصائصه ومختلف مراحل العملية الخيميائية مع تعاقب الألوان التي تظهر وهي: الأحمر والأصفر والأبيض والأسود والأخضر. وأخيراً يظهر «اللون الملكي»، الفرفير العجيب (الأرجوان) الذي يشكل إشارة إلى أن حجر الفلاسفة قد تم الحصول عليه. إن كمية صغيرة منه كافية لتحويل أية كمية من مادة ما إلى ذهب.

---

(٢٩) Marcellin Pierre Eugène Berthelot, *Collection des anciens alchimistes grecs* (Paris: G. Steinheil, 1888), p. 29/1; Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte*, vol. 1, pp. 60 - 63, and vol. 2, pp. 5 ff; Martin Plessner, «Aghāthūdhimūn,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, 1ère éd.; *Real Enz.*, vol. 3 (1918), pp. 32 - 60, and Ullmann, Ibid., pp. 175 - 176.

ونجد مقاطع عديدة من تعاليم أغاثودمون عند الخيميائيين اللاحقين. نذكر على سبيل المثال، **كتاب الحبيب** و**مشاف الحياة** في **حقائق** الطغرائي وعند الجلدكي.

أرتفيوس (Artefius)[٣٠]

تنتمي أيضاً إلى المصنفات الهرمسية كتابات مؤلف لم يتم التحقق من اسمه العربي، وهو يحمل اسم أرتفيوس في الترجمة اللاتينية، وقد جرت محاولات، لكن دون جدوى، لتحديد هويته كأن يكون الطغرائي أو ابن أُميْل. ومن بين هذه الكتابات هناك كتاب عنوانه **مفتاح الحكمة**، معروف في ترجمته اللاتينية *Clavis (majoris) sapientiae*، حيث يظهر أرتفيوس كتلميذ لبليناس. يتعلق المؤلف بشكل وثيق بكتاب **سر الخليقة** لبليناس[٣١].

كتاب الحبيب[٣٢]

يظهر هذا النص بشكل وصية من الكاتب إلى ابنه بهدف مواساته وتشجيعه، ثم بشكل حوار بين رجل وامرأة، هو في الواقع بين زوسيم وثيوسبيا. يشير المصطلح الوارد في النص إلى خلفية يونانية للكتاب، الذي يرجع على الأرجح إلى ذلك الوسط الذي شهد ظهور *Turba philosophorum*. وفي النص غالباً ما يرد ذكر ديموقريطس وكذلك فيثاغورس، أفلاطون، أرسطو، أرخلاوس، غريغوريوس، ثيوفيلوس، الملك أرس، هرمس، أغاثوذمون وأوستانس.

كليوباترا (Cléopâtre)[٣٣]

استشهد بها الخيميائيون اليونانيون وغالباً بشكل حرفي. كما نسبت إليها رسوم آلات ورموز في *Codex Narcianus*. وتظهر **رسالة قلباترا ملكة سمنود** على شكل حوار، وهي ليست ترجمة لنص يوناني. ويذكرها الجلدكي في الجزء الثاني من مؤلفه **كتاب الشمس**

---

(٣٠) انظر: Ullmann, Ibid., p. 175.

(٣١) Kraus, *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam,* vol. 2, p. 298.

انظر أيضاً فيما سبق، الهامش رقم (٢٧).

(٣٢) Berthelot, *Histoire des sciences: La Chimie au moyen âge,* vol. 3, pp. 34 - 78; traduction française, pp. 76 - 115, et Ullmann, Ibid., pp. 178 - 179.

وحول النظرية المعروضة في هذا المؤلف، انظر: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* vol. 4, pp. 91 - 94.

(٣٣) Ullmann, Ibid., p. 180.

الأكبر. أما المصطلحات الواردة في المؤلف فتكشف عن مصادر يونانية.

ماريا (Maria)[٣٤]

إنها تلعب دوراً مهماً في الخيمياء. وترى فيها الدوائر الغنوصية اليهودية أخت موسى (Moïse)؛ وهي نفسها تؤكد أنها يهودية. أما الأساطير اللاحقة فتعتبرها مريم العذراء أم المسيح، الذي يلعب دوراً مهماً في الأناجيل الغنوصية.

وتعتبر في الإسلام ماريا القبطية، الأمة المهداة من المقوقس حاكم مصر وبطريرك الإسكندرية إلى محمد ﷺ، والتي أنجبت له ولداً اسمه إبراهيم. أما الجلدكي فيرجع إلى تقاليد أخرى ويتحدث عنها كمريم اليهودية، أخت الملك سابه. وقد ذكرها أيضاً خالد بن يزيد، وابن النديم، والمسعودي، والكندي والتجيبي. تمثل **رسالة التاج وخلقة المولود** تشكل سبعة معادن وإمكانية تحويل المعادن، وذلك على شكل استعارة رمزية تصور أماً تنجب سبعة أطفال.

هنالك حوار بين ماريا وأرس (**رسالة ماريا بنت سابه الملك القبطي إلى أرس**) مترجم إلى اللاتينية بعنوان *Practica Mariae prophetissae sororis Moysi*، حيث تناقش مسألة تبييض الحجر في بضعة أيام. وفي رسالة لجابر (أسْتقس الأس) يرد ذكر ماريا المصرية وهي تحمل على كتفيها الطفل يسوع، وفي يدها مغزلاً.

أوستانس (Ostanès)[٣٥]

كان معروفاً في العصور القديمة كمؤلف كتب في السحر والمعرفة الروحية. ويذكره ابن النديم كخيميائي شهير أصله من الإسكندرية. ووفقاً لشهادته الخاصة، فإنه قد كتب حوالى ألف كتيب ومقطع كما كان يستخدم **رموزاً وألغازاً** (أساطير). ينسب إليه **كتاب الفصول الإثني عشر في علم الحجر المكرم**، الذي يتضمن ثلاثة أجزاء هي: (١) وصف الحجر، تذويب المواد التي يستخدمها الخيميائيون؛ (٢) الأشجار، الطبيعات، الأرواح، الأملاح؛ (٣) الأحجار، الأوزان، التجارب، الرموز. نذكر أيضاً كتاباً آخر له وهو **مصحف الحكيم أوستانس في الصناعة الإلهية**.

---

(٣٤) المصدر نفسه، ص ١٨١؛ Kraus, *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam,* vol. 2, p. 43, et Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte,* vol. 1, pp. 46 - 50, and vol. 2, p. 142.

(٣٥) Kraus, Ibid., vol. 2, p. 43; Ullmann, Ibid., p. 184, and J. Bidez et Cumont, *Les Mages hellénisés* (Paris: Les Belles lettres, 1938).

رأى أوستانس في الحلم حيواناً يود افتراسه: له أجنحة عقاب ورأس فيل يعطيه مفاتيح الأبواب السبعة للحكمة. ووجد وراء الباب طاولة مع نقوش بسبع لغات. النقش الأول باللغة المصرية ويتضمن استعارة رمزية حول جسم ـ عقل ـ روح؛ والثاني هو كتابة فارسية تعظم حكمة الفرس؛ والثالث يعزو امتياز الهنود إلى قربهم من الشمس؛ والنقوش الأربعة الأخيرة ممحوة. كما يرد ذكر أوستانس مرات عديدة في *Turba philosophorum* .

مؤلفون آخرون غير يونانيين[٣٦]

تظهر بعض الأسماء غير اليونانية في عدد من المخطوطات، إذ يرد ذكر ماني (Mani) كخيميائي في **فردوس الحكمة** للمزعوم خالد، والبرهمي بيون بالإضافة إلى سلسلة من الخيميائيين هم آدم (Adam)، سيث (Seth)، موسى (Moïse)، قارون (Korah)، داود (David)، حزقيال (Ezéchiel)، يسوع (Jesus)، متى (Mathieu). ومن المؤلفين البيزنطيين نجد هرقْل (Héraclius) (٦١٠ ـ ٦٤١) الذي ورد ذكره في **الفهرست** (**كتاب هرقل الأكبر**)، كما نجد هناك حواراً بين أرس وثيودورس، وبين أرس وماريا، أما ثيوفيلوس وغريغوريوس فقد ورد ذكرهما في *Turba philosophorum* . ووفقاً للأسطورة، فإن الراهب مريانوس (Marianos) هو الذي علم خالداً بن يزيد الخيمياء البيزنطية، كما علم من خلال هذا الأخير العرب الآخرين.

ما هي ميزات هذه الخيمياء المصرية ـ الهلينستية ـ البيزنطية؟ إنها بشكل واضح خاضعة لمصادرها، وهي في الغالب لا تتميز عنها قط. وقد ميز فستوجيار (Festugière) بوضوح المراحل الثلاث للخيمياء عند اليونانيين وهي: الخيمياء كفن، الخيمياء كفلسفة، الخيمياء كديانة[٣٧]. إن بولوس ديموقريطس المنديسي هو الذي ألبسها رداء الفلسفة، ثم أصبحت انطلاقاً من زوسيم ديناً روحانياً مع الحفاظ على روابطها مع التقنية الكيميائية. إن الخيمياء البيزنطية ستتبع هذا المنحى الأخير. ونستطيع أن نرسم خطوطها الأساسية على الشكل التالي[٣٨].

أ ـ الإيمان بانجذاب شامل يوحد بعمق أجزاء الكون بعضها إلى بعض. إن المعادن والأحجار حية، مذكرة ومؤنثة. وهي تتعرض لتأثيرات الكواكب، التي هي نفسها حية، لكنها تستطيع بدورها أن تبطل هذا التأثير. ومن هنا كانت الأحجار المنقوشة المسماة «غنوصية» التي لا تعد ولا تحصى. إن هذه الوحدة الخفية تمتد أيضاً إلى الإنسان، أي العالم الأصغر المندمج في العالم الأكبر الشاسع.

ب ـ وحدة المادة: إن المعادن والأحجار الكريمة لا تتميز في نهاية المطاف إلا

---

(٣٦) Ullmann, Ibid., pp. 187 - 188.

(٣٧) Festugière, *La Révélation d'Hermès Trismégiste*, p. 219.

(٣٨) Doresse, «Alchimie byzantine, alchimie antique et alchimie médiévale,» p. 119.

بخصائصها الخارجية وبخاصة بلونها. وتغيير اللون يعني تغيير المعدن. ولتحضير الذهب والفضة، ننطلق من معدن قريب من النقاوة الجوهرية؛ فنكلسه ونرقّيه.

ج ـ إن مسار العمليات الخيميائية ينبغي إجراؤه في أكبر قدر من السرية، وذلك بهدف تخليصه من الدنس. ولهذا الغرض يتم اللجوء إلى أبجديات سرية وإشارات رمزية، ويتم التعبير باستعارات، كما تتبعثر العروض المتعلقة بنقطة من العقيدة في كتابات عديدة.

د ـ استخدام صيغ تركيبية تجمع بشكل لغز جوهر العقيدة الخيميائية، على سبيل المثال: «الطبيعة تسْحر بالطبيعة؛ الطبيعة تقهر طبيعة أخرى، الطبيعة تهيمن على طبيعة أخرى».

هـ ـ استخدام رموز خاصة، على سبيل المثال: أوروبورس (Ourobors)، الثعبان الذي يعض ذنبه، والبيضة الفلسفية من أجل تمثيل وحدة وتواصل الكل.

و ـ إن العمليات الخيميائية الكبرى تتضمن أربع مراحل أساسية: التسويد، التبييض، التصغير، وأخيراً إيوسس (iosis) أي الصبغ بالبنفسجي أو الأكسدة.

إن الأجسام المستخدمة والوظائف التي تقوم بها في العملية الخيميائية تحصل على أسماء اصطلاحية هي أجزاء من أوروبورس أو من البيضة الفلسفية. وأخيراً، إن بعض العمليات الخيميائية وقد تم تأويلها روحانياً: الولادة، الزواج، الموت، قربان التضحية، . . . إلخ.

ثانياً: الخيميائيون العرب

ظهر العرب على مسرح التاريخ الخيميائي في القرن السابع للميلاد. وكانت الخيمياء قد اجتازت طريقاً طويلة كما ذكرنا في الصفحات السابقة. وكان أول احتكاك للعرب بهذه الخيمياء في مصر وفي الإسكندرية بالذات، حيث ترتقي التقاليد إلى قرون عديدة قبل العصر المسيحي.

خالد بن يزيد[٣٩]

إن أول شخصية عربية اشتغلت بالخيمياء، وكما ذكر ابن النديم في **الفهرست**، هو

(٣٩) Julius Ruska, *Arabische Alchemisten* (Heidelberg: C. Winter, 1924 -), part 1: *Chālid Ibn Jazīd Ibn Mu'āwiya; Sezgin, Geschichte des Arabischen Schrifttums*, vol. 4, pp. 121 - 122, and Manfred Ullmann, *Islamic Medicine,* Islamic Surveys; 11 (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1978).

الأمير الأموي خالد بن يزيد المتوفى حوالى العام ٧٠٤ م. كان يتمتع بفكر علمي، ويهتم بشكل خاص بالخيمياء. وكان قد ترجم من اليونانية والقبطية بضعة أعمال خيميائية. وكما يضيف ابن النديم، فقد كانت تلك المرة الأولى التي تحصل فيها ترجمات في الإسلام.

تعلم خالد الخيمياء في الإسكندرية تحت إشراف المدعو مريانوس (Marianos) أو مورينوس (Morienos)، الذي كان بدوره تلميذاً للخيميائي الإسكندري ستفانوس (Stephanos).

ينسب ابن النديم إلى خالد، بالإضافة إلى قصيدته، الأعمال التالية: (١) **كتاب الخرزات**؛ (٢) **كتاب الصحيفة الكبير**؛ (٣) **كتاب الصحيفة الصغير**؛ (٤) **كتاب وصيته إلى ابنه في الصنعة**. لكن العمل الأكثر شهرة لخالد، وذلك وفقاً للمؤرخ حاجي خليفة، هو **فردوس الحكمة**، المؤلف من ٢٣١٥ بيتاً.

جعفر الصادق (ت ١٤٨هـ / ٧٦٥م)[٤٠]

إنه ابن الإمام محمد الباقر، ولد حوالى العام ٨٠ هـ/ ٧٠٠ م وتوفي سنة ١٤٨ هـ/ ٧٦٥ م. عاش في المدينة وكان صاحب حجة في الحديث. ووفقاً للمصادر العربية، فقد كان معلماً لجابر. وتنسب إليه مصنفات غزيرة مؤلفة من **وصايا** وكتب حول آيات من القرآن كانت تستخدم كحجابات ومن أجل الكشف عن الغيب. هناك ستة عناوين ذكرها سزجين (Sezgin)[٤١] كمؤلفات خيميائية. أما الجلدكي فيشير إلى قصيدة خيميائية نسبت إليه.

ذو النون المصري (ت ٢٤٦هـ / ٨٦١م)[٤٢]

أصبح ذو النون في القرن العاشر حجة في ميدان الخيمياء. ويذكر ابن النديم اثنين من أعماله: **كتاب الركن الأكبر** و**كتاب الثقة في الصناعة**. أما ابن أميْل فيستشهد بالعديد من حكمه ومن مقاطع قصيدته. وقد اشتهر بهذا البيت:

عـجـبٌ عـجـبٌ عـجـبٌ   قـطـط سـود ولـهـا ذنـبٌ

(٤٠) Sezgin, Ibid., vol. 4, pp. 128 - 131, and Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* pp. 195 - 196.

(٤١) Ullmann, *Die Natur-und Geheimwissenschaften im Islam,* p. 131.

(٤٢) المصدر نفسه، ص ١٩٦ ـ ١٩٧.

جابر بن حيان(٤٣)

مع جابر بن حيان نقف، ومنذ أعمال پول كراوس، على أرض أكثر صلابة. ولد جابر في طوس حوالى العام ٧٢١م أو ٧٢٢م ويسمى كذلك الصوفي. بعد أن أصبح يتيم الأب، تم إرساله إلى الجزيرة العربية، حيث درس القرآن والرياضيات وعلوماً أخرى، ثم ذهب إلى الكوفة. وتظهر صورته بعد ذلك بشكل واضح، عندما نراه وقد تم تثبيته كخيميائي في بلاط هارون الرشيد وبعد أن أصبح الصديق الشخصي للإمام الشيعي السادس جعفر الصادق (٧٠٠ ـ ٧٦٥م)، الذي كان جابر يعتبره دائماً معلماً له.

كما كانت له حظوة عند البرامكة، إذ إن جعفر البرمكي قد أمن له اتصالاً بالخليفة، الذي من أجله وضع **كتاب الزهرة**، حيث يصف فيه تجارب دقيقة. وكان له مختبر في الكوفة، وجد بعد وفاته بقرنين من الزمن في حي باب الشام فيها. وقد عثر هناك على هاون من ذهب يزن ١٢٥٠ غراماً.

في العام ٨٠٣م طالته نكبة البرامكة. فعاد من بغداد إلى الكوفة حيث أمضى بقية حياته في عزلة. ووفقاً لبعض المؤلفين فقد توفي في طوس العام ٨١٥م، ومخطوطة **كتاب الرحمة** كانت تحت وسادته.

هناك مدونة ضخمة لجابر. وقد بين كراوس أن جزءاً كبيراً من هذه الأعمال قد كتب لاحقاً على أيدي مجموعة من الإسماعيليين، ومن الصعب تحديد ما يعود بشكل خاص إلى جابر نفسه.

إن مجموعاته الأكثر أهمية هي:

أ ـ **الكتب المئة والإثنا عشر**، وهي عمل مهدى إلى البرامكة ويستند إلى لوح الزمرد (Table d'Emeraude).

ب ـ **الكتب السبعون**، وهي عمل ترجم في جزء كبير منه إلى اللاتينية في القرون الوسطى.

ج ـ **الكتب العشرة (المصححات)**، حيث يصف التقدم الذي حققه الخيميائيون وقد

---

(٤٣) العمل الأساسي هو لكراوس، انظر: Kraus, *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam;* Sezgin, Ibid., vol. 4, pp. 132 - 368, and Jābir Ibn Ḥayyān: *Dix traités d'alchimie: Les Dix premiers traités du «Livre des soixante-dix»,* présenté, traduit de l'arabe et commenté par Pierre Lory, la bibliothèque de l'Islam (Paris: Sindbad, 1983), et *Tadbīr al-iksīr al-a'zam: L'Elaboration de l'élixir suprême* (Quatorze traités de Jābir sur le grand œuvre alchimique), textes édités et présentés par Pierre Lory (Damas: Institut français d'études arabes, 1988).

أدرج فيها فيثاغورس، سقراط، أفلاطون وغيرهم.

د ـ **كتب الموازين**، حيث يعرض نظريته الأساسية.

يقر جابر بالنظرية الأرسطية حول تركيب المادة: التراب، الماء، الهواء، النار، لكنه يطورها في اتجاه مختلف. في البداية توجد أربع خصائص أولية أو طبائع وهي: الحرارة، البرودة، الجفاف، الرطوبة. وعندما تتحد مع المادة، فإنها تشكل مركبات من الدرجة الأولى، أي الحار، البارد، الجاف، الرطب. إن اتحاد اثنتين من هذه الخصائص الأخيرة يعطي:

حار + جاف + مادة ← نار

حار + رطب + مادة ← هواء

بارد + رطب + مادة ← ماء

بارد + جاف + مادة ← تراب

أما في المعادن فهناك طبيعتان خارجيتان وأخريان داخليتان. على سبيل المثال، إن الرصاص هو بارد وجاف في خارجه، حار ورطب في داخله. أما الذهب فهو حار ورطب في خارجه، بارد وجاف في داخله. إن مصادر هذه الطبائع هي الكبريت والزئبق، لكنهما ليسا الكبريت والزئبق العاديين، بل مادتان افتراضيتان، بحيث يمثل هذان الأخيران الشكل الأقرب منهما.

يقدم الكبريت «الطبيعتين» الحارة والجافة، أما الزئبق فيقدم الباردة والرطبة. وتحت تأثير الكواكب، تتشكل المعادن في باطن الأرض باتحاد الكبريت والزئبق. إن هذه النظرية ستصبح شائعة وستبقى حتى ظهور نظرية احتراق العنصر الملتهب في القرن السابع عشر.

عندما يكون الكبريت والزئبق نقيين بشكل تام ويمتزجان في توازن مطلق، فإنهما يعطيان أكثر المعادن كمالاً أي الذهب. إن العيوب في النقاء وبخاصة في النسب، تنتج من المعادن الأخرى أي الفضة والرصاص والقصدير والحديد والنحاس. لكن وبما أن العناصر المكونة تبقى هي نفسها، فإنه باستطاعتنا استبعاد الشوائب وإيجاد هذا التوازن، وذلك بواسطة «الأكاسير».

إلا أن القيام باختبارات تجريبية في هذا المجال هو إضاعة للوقت بشكل واضح؛ إذ إن هناك أوزاناً وقياساً ونظاماً في الطبيعة. لذلك يعد جابر حول هذا الموضوع نظريته عن الميزان. ولا يتعلق الأمر هنا بتعادل الكتل والأوزان، بل بتوازن «الطبائع». وقد درس كلاوس وستاپلتون (Stapleton) هذه النظرية ولخصا خطوطها العريضة. ففيها يعير جابر أهمية كبرى إلى الأعداد التالية: ١، ٣، ٥، ٨ و٢٨. إن مجموع الأرقام الأربعة الأولى هو ١٧، وكل شيء في العالم، وفقاً له، هو محكوم بهذا الرقم الأخير. فعلى سبيل المثال تملك المعادن ١٧ قدرة.

وتشكل الأرقام الأربعة التي تؤلف الرقم ١٧ (١، ٣، ٥، ٨) جزءاً من المربع السحري التالي:

٤	٩	٢
٣	٥	٧
٨	١	٦

المجموع هو ١٥ لكن تحليل المربع يسمح بإيجاد المتسلسلة المثيرة للاهتمام. إنها بالتأكيد مصدر نظرية جابر.

تتضمن كل واحدة من الخصائص الأولية الأربعة أو «الطبائع»، بالنسبة إليه، أربع درجات وسبعة أقسام، ويكون المجموع ٤ × ٧ = ٢٨ وضعاً. إن عدد أحرف الأبجدية العربية، وهو ٢٨، قد تمت مطابقته مع أقسام الحرارة والبرودة والجفاف والرطوبة.

وفقاً لجابر، توجد أكاسير مختلفة لتحويلات معينة، إلا أنه يوجد أيضاً «إكسير كبير» قادر على إتمام كل التحويلات، ويتضمن هو نفسه درجتين.

كان الحرانيون والإسكندريون يستخدمون لتحضير «أكاسيرهم» مواد معدنية بشكل خاص، إن لم يكن بشكل حصري. لكن جابر يبتكر ويدرج استخدام منتجات نباتية وحيوانية في التشكيلة الخيميائية مثل النخاع، الدم، الشعر، العظم، بول الأسد أو الغزال الأليف والبري، البيش، الزيتون، الياسمين، البصل، البهار، الخردل، شقائق النعمان. إنه لم يكن صاحب نظرية فحسب، بل كان يعرف تماماً الاختبارات المخبرية وكان يعطي تعليمات واضحة جداً لصناعة بعض المنتجات (على سبيل المثال صناعة أبيض الرصاص أو أوكسيد الرصاص)[٤٤].

يعتبر وصفه لأجهزة المختبر وتقسيمه للمنتجات الكيميائية أقل منهجية من وصف خلفائه، وبخاصة الرازي. أما المواد المعدنية فتقسم، وفقاً له، إلى ثلاث مجموعات:

أ ـ **الأرواح**: إنها تتبخر عند تسخينها وهي الكبريت، الزرنيخ (رهج الغار أو ثاني كبريتيد الزرنيخ الأحمر ورهج أصفر أو ثالث كبريتيد الزرنيخ الأصفر)، الزئبق، الكافور، ملح النشادر.

ب ـ **المعادن**: إنها مواد قابلة للانصهار، قابلة للطرق، رنانة، تملك لمعاناً. وعددها سبعة (الذهب، الفضة، الرصاص، القصدير، النحاس، الحديد، الخرصيني).

ج ـ المواد غير القابلة للطرق، سواء أكانت قابلة للذوبان أم لا، والقابلة للتحول إلى مسحوق. وتنقسم إلى ثماني مجموعات وفقاً لكونها أحجاراً أو لا، قابلة للسحق أو لا، قابلة للذوبان أو لا.

(٤٤) Holmyard, *Alchemy*, p. 77.

أبو بكر الرازي[٤٥]

مع أبي بكر الرازي (المعروف بـ «Le Rhazès» في القرون الوسطى اللاتينية) نصل إلى ذروة العلم الخيميائي العربي، أو بشكل أدق، الى العلم الكيميائي. إنه معروف بشكل خاص في ميدان الطب، وقد انتزعت شهرته كطبيب سريري إعجاب أولئك الذين كان بمقدورهم دراسة يومياته عن قرب، حيث كان يقوم بمراقباته الطبية.

ولد أبو بكر حوالى العام ٢٥٠هـ/ ٨٦٤م في الري في إيران. وقد قام في البداية بدراسات في الرياضيات وعلم الفلك وتفرغ لعلم الآداب والموسيقى والخيمياء، وبعد ذلك كرس نفسه للطب.

إنه أحد أولئك الذين يوصفون بالعقول الموسوعية، وصاحب موهبة في التأمل وفي الاختبار في آن معاً، بحيث إنه لم يكن باستطاعته إطلاقاً أن يحصر نفسه في ميدان واحد. إنه يشبه بطبيعته المتلهفة القلقة رجال عصر النهضة، أمثال باراسلس (Paracelse)، الذين عكفوا بشغف على دراساتهم، مجازفين بخسارة حياتهم، طابعين كل ما يقومون به بطابع شخصياتهم القوية، التي تتسم بالصخب أكثر مما تتسم بالتوازن.

لا نملك هنا في هذا المجال أن نهتم بعمله الطبي الشاسع، لكن نذكر أن **كتاب الراوي** أو **المنصوري**، الذي ترجم إلى اللاتينية في القرون الوسطى، كان لزمن طويل الكتاب الأساس عند الأطباء الغربيين. لنستعرض فقط عمله الخيميائي، وهو يعتبر من أكثر الأعمال أهمية في القرون الوسطى، وقد جاء مكثفاً في مؤلفه **سر الأسرار** (باللاتينية *Secretum secretorum*).

---

(٤٥) يجب عدم الخلط بينه وبين سميّه الفقيه الكبير فخر الدين الرازي (المتوفى ٦٠٦/ ١٢٠٩). من أجل الرازي الكيميائي، انظر مقالة مميزة لكراوس وباينز مع فهرسة غزيرة، في: *Encyclopédie de l'Islam,* 1ère éd., vol. 3, pp. 1213 - 1215; Ibn al-Nadīm, *Kītab al-Fihrist,* pp. 299 - 302, and 358; *GAL,* I, pp. 253 ss.;

انظر أيضاً: أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، تحقيق يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص ٢٧١ ـ ٢٧٧؛ Lucien Leclerc, *Histoire de la médecine arabe: Exposé complet des traductions du grec, les sciences en orient, leur transmission à l'occident par les traductions latines,* 2 vols. (Paris: Leroux, 1876), vol. 1, pp. 337 - 354, réimprimé (New York: Burt Franklin, 1963); Shlomo Pines, *Beiträge zur Islamischen Atomenlehre* (Berlin: Gräfenhainichen, Gedrukt bei A. Heine, 1936), pp. 34 - 93, arabic translation by Abū Rīda (Cairo: [n. pb.], 1946), pp. 45 - 90; Sezgin, Ibid., vol. 4, pp. 275 - 282; Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* pp. 210 - 212, and Julius Ruska, «Al - Razi (Rhases) als Chemiker,» *Zeitschrift für Angewandte Chemie,* Bd. 35 (1922), pp. 719 - 724.

على الرغم من أن الرازي لا يقبل نظرية جابر المعقدة حول «الميزان»، فإنه ليس أقل إيماناً منه بأن «العناصر» الأربعة هي في أساس كل المواد، لذلك فإن تحويل المعادن ممكن. إن هدف الخيمياء مزدوج، فهي من جهة تعلم كيفية تحويل المعادن غير الثمينة إلى فضة أو إلى ذهب، ومن جهة أخرى تعلم كيفية تحويل بلور الصوان (كوارتز) أو حتى الزجاج العادي إلى أحجار كريمة كالزمرد والياقوت الأزرق (اللازورد) والياقوت الأحمر... إلخ. وهذا يتم بواسطة أكاسير مناسبة. تجدر الإشارة إلى أن الرازي لا يطلق أبداً على هذه الأكاسير اسم «حجر الفلاسفة». كما أنه يقبل نظرية جابر حول تركيب المعادن من الكبريت والزئبق ويضيف إليهما أحياناً عنصراً ثالثاً بطبيعة ملحية.

لكن اهتمامه ينصب بشكل خاص على كيميائه التطبيقية، إذ يعطى مؤلفه *Secretum secretorum*، وذلك للمرة الأولى، تقسيماً واضحاً للمواد الكيميائية. وهو يفضل العمل الإيجابي في المختبر على الجهد النظري الضائع دون مبرر. وبعد وصفه للأجهزة، يبدو لنا أن مختبره كان مجهزاً بشكل جيد. وهو يذكر:

أ ـ الآلات المستخدمة **لتذويب** الأجسام وهي: **الكور** (الموقد)، **المنفاخ** أو **الزق**، **البوتقة** (مذوب)، **بوت بربوت** (Botus Barbatus) عند كيميائيي القرون الوسطى، **المغرفة** أو **الملعقة**، **الماسك** أو **الكلبتان**، **المقطع**، **المكسر** (المطرقة)، **المبرد**.

ب ـ آلات **لتدبير** (تحضير) **العقاقير**: **قرع أو أنبيق ذو ختم** (قرع وآلة تقطير مع أنبوب للتفريغ)، **قابلة** (إناء طويل العنق)، **الأنبيق الأعمى** (دون أنبوب للتفريغ)، **الأثال**، **قدح**، **قارورة**، **ماء وردية** (أوعية لماء الورد)، **مرجل أو طنجير** (قدر معدنية)، **قدور ومكبات** (أوعية من طين مطلية في الداخل بالبرنيق مع أغطيتها)، **قدر** (أوعية إنضاج مائية أو رملية)، **التنور** (وقد أصبح باللاتينية «Athanor» وهو الفرن)، **مستوقد** (فرن أسطواني صغير لتسخين الأثال)، **الأقماع**، **المناخل**، **المرشحات**... الخ.

أما العمليات الكيميائية التي بينها الرازي، فإنها تشمل **التقطير**، **التشوية** (التحميص أو التكليس)، **التحليل** (التذويب)، **التبخير**، **التبلور**، **التصعيد**، **الترشيح**، **التلغيم** (الملغمة)، **التشميع**، وتعني هذه الأخيرة تحويل المادة إلى كتلة دبقة أو إلى جسم صلب قابل للانصهار.

أما بالنسبة إلى المواد المستخدمة في الخيمياء، فهي تغطي ممالك الطبيعة الثلاث. إنها المرة الأولى التي نجد فيها تصنيفاً على هذا القدر من المنهجية. نعرض هنا لائحة المنتجات كما يبينها **سر الأسرار**:

أ ـ العقاقير الترابية (المواد الأرضية)، المواد المعدنية

(١) الأرواح

الزئبق، ملح النشادر، كبريتيد الزرنيخ (رهج أصفر أو ثالث كبريتيد الزرنيخ الأصفر ورهج الغار أو ثاني كبريتيد الزرنيخ الأحمر)، الكبريت.

(٢) الأجساد (الأجسام)

الذهب، الفضة، النحاس، الحديد، الرصاص، القصدير، خرصند.

(٣) الأحجار

بيريت (**مرقشيطة**)، أكسيد الحديد (**دَوس**)، أكسيد التوتيا (**توتيا**)، أزوريت، ملكيت (دهنج)، فيروز، هيماتيت (شاذنج)، أكسيد الزرنيخ، كبريتيد الرصاص (**كُحل**)، مِيْكا (بلق) وأسبستوس (حرير صخري)، الجص، الزجاج.

(٤) الزاجات

الأسود، حجر الشب (**الشبوب**)، الأبيض (**قلقديس**)، الأخضر (**قلقند**)، الأصفر (**قلقتر**)، الأحمر.

(٥) البوارق

(٦) الأملاح

ب ـ المواد النباتية

يندر استخدامها، وهي تستعمل عند الأطباء بشكل خاص.

ج ـ المواد الحيوانية

الشعر، الجمجمة، الدماغ، الصفراء (التي تفرزها الكبد)، الدم، الحليب، البول، البيض، القرن، الصدفة.

إلى هذه «المواد الطبيعية»، يجب إضافة عدد من المواد التي تم الحصول عليها اصطناعياً؛ يذكر منها الرازي: أَلْمُرتك (أول أكسيد الرصاص)، أوكسيد الرصاص

(الأسرنج)، الزنجار، أوكسيد النحاس (الروسنحتج)، أوكسيد التوتيا، الزنْجفْر، صودا كاوية، محلول متعدد كبريتيد الكلسيوم، وسبائك مختلفة.

إن إصرار الرازي على تشجيع البحث في المختبر أدى إلى وصول ثمار هذا العمل إلى ميدان صناعة الأدوية. وهكذا فإن أبا المنصور الموفق الفارسي في نهاية القرن العاشر، سيذكر للمرة الأولى عمليات كيميائية مستخدمة من أجل تمييز بعض الأدوية(٤٦).

La Turba Philosophorum(٤٧)

يروي جابر بن حيان في أحد كتبه أن عدداً من الفلاسفة القدامى، ومن بينهم هرمس وفيثاغورس وسقراط وأرسطو وديموقريطس قد اجتمعوا من أجل مناقشة مسائل في الخيمياء. إنها واحدة من المرات الأولى، التي يشار فيها إلى موضوع «مجلس الفلاسفة» الذي تمت معالجته بشكل مميز في هذا العمل *Turba philosophorum* الواسع الانتشار بين الخيميائيين الغربيين.

تحتوي الترجمة اللاتينية، بلا ريب، على إشارات تدل على أن العمل قد ترجم من العربية، لكن الخطب الموجودة فيه تظهر أن المادة المستخدمة كانت يونانية في جزء كبير منها. وفي العام ١٩٣١، نشر روسكا دراسة أحادية تتعلق بهذا العمل وأثبت بطريقة حاسمة أن مصدره كان نصاً عربياً يعود إلى الفترة الواقعة ما بين القرنين التاسع والحادي عشر. وقد تم تأكيد رأي روسكا بشكل تام، عندما استطاع ستابلتون أن يبين أن مؤلفاً لابن أميل، الخيميائي من القرن العاشر، يتضمن مقاطع من *Turba*. كما أن پلسنر (Plessner) اكتشف في *Turba* مرجعاً هندياً، تم نقله إلى العربية من خلال ترجمة **كتاب السموم** للمؤلف الهندي كوتيليا (Kautilya). ويطابق پلسنر، في مؤلفه المنشور سنة ١٩٧٥ بعد وفاته، الأصل العربي مع *Livre de l'assemblée*.

في النص اللاتيني نرى تسعة فلاسفة، استطاع پلسنر أن يحدد هويتهم، وهم: أنكسيمندر (Anaximandre)، أنكسيمنس (Anaximène)، أنكساغوراس (Anaxagoras)، امباذوكليس (Empédocle)، لوسيپ (Leucippe)، اكفانت (Ecphante)، فيثاغورس وكسينوفان (Xénophane)، وكلهم فلاسفة مرحلة ما قبل سقراط. وقد استخدم المؤلف أفكارهم. ففي خطاب كسينوفان يصبح هدف الكتاب واضحاً، فالأمر يتعلق بإثبات ثلاث

---

(٤٦) Holmyard, *Alchemy*, p. 88.

(٤٧) Julius Ruska, «Turba Philosophorum, ein Beitrag zur Geschichte der Alchemie,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin* (1931), pp. 1 - 368; Sezgin, Ibid., vol. 4, pp. 213 - 216; Ullmann, Ibid., pp. 60-65, and Plessner, *Vorsokratische Philosophie und Griechische Alchemie in Arabisch - lateinischer Überlieferung: Studien zu Text und Inhalt der Turba Philosophorum.*

قضايا وهي: (١) إن خالق العالم هو الله، إله المسلمين؛(٢) إن العالم هو بطبيعة متسقة؛ (٣) إن جميع مخلوقات العالم العلوي والعالم السفلي مركبة من أربعة عناصر. وينتهي الخطاب التمهيدي عند هذه النقطة، أما الخطب التالية وعددها ٦٣ فهي خيميائية محضة.

هناك أيضاً حدثان آخران مثيران للاهتمام، اكتشفهما پلسنر. **الأول** هو أن الفلاسفة التسعة الذين ورد ذكرهم في *Turba* يظهرون في كتاب أحد المؤلفين المسيحيين اليونانيين الأوائل، هيپوليث (Hyppolyte) حوالى ٢٢٢ م، وهو بعنوان **دحض جميع الهرطقات** *(Réfutation de toutes le hérésies)*، حيث نلحظ ارتباطاً وثيقاً بين *Turba* وهذا الكتاب. والحدث الثاني يتمثل في وجود مقابلة، وردت في كتاب خيميائي لألمبيودورس حوالى القرن السادس م. بين مذاهب الخيميائيين الكبار ومذاهب الفلاسفة، وذلك بهدف ربط نظريات علم الكون مع نظريات الخيمياء. لذلك يبدو أن مؤلف *Turba* قد أجهد نفسه لتحقيق تزاوج بين عقيدة مكتوبة تعود إلى ما قبل الحقبة السقراطية وبين الأفكار الخيميائية والقرآن.

ابن أُمَيل[٤٨]

محمد بن أُميل التميمي هو معاصر للمجريطي، أي يعود إلى القرن الحادي عشر، وحياته معروفة قليلاً، إلا أن إحدى كتاباته قد حفظت وهي **كتاب الماء الورقي والأرض النجمية**، الذي هو شرح لقصيدته الغنائية الخيميائية **رسالة الشمس الى الهلال**. وقد ترجم العملان إلى اللاتينية في القرون الوسطى، الأول بعنوان *Tabula Chemica* وينسب إلى Senior Zadith ابن Hamuel، والثاني بعنوان *Epistula solis et Lunam crescentem*.

إن الأول هو ثمين بالنسبة إلى تاريخ الخيمياء بسبب ما ورد فيه من استشهادات عديدة بمؤلفين قدامى، فهو يبين مدى انتشار الأفكار الهرمسية في الخيمياء العربية. وقد أظهر ستاپلتون ولويس (Lewis) أن بعض الاستشهادات من أصل يوناني، بينما الأخرى، وهي على الأرجح مزيفة، فقد صدرت عن كتاب عرب.

ولإعطاء فكرة عن الصعوبات التي تمثلها بعض النصوص الخيميائية العربيه اللاحقة، سنوجز المقدمة التي كتبها ابن أميْل لمؤلفه **كتاب الماء الورقي**. إنه يصف بشكل استعارة رمزية العمليات المختلفة التي تقود إلى الحصول على حجر الفلاسفة. فيروي كيف ذهب مرتين إلى بوسر السدْر في مصر، ومن هناك توجه نحو معبد قديم، حيث فتح له الحراس الباب. فرأى على سقف الرواق رسماً لتسعة عقبان بأجنحة مفتوحة، وكأنها تطير محلقة، وكان لها أيضاً براثن طويلة. ويمسك كل واحد منها في براثنه قوساً مشدوداً وسهماً.

(٤٨) انظر: Sezgin, Ibid., vol. 4, p. 288; Ullmann, Ibid., pp. 217 - 218, and H. E. Stapleton and Azo, «Alchemical Equipment in the Eleventh Century A.D.,» *Memoirs of the Asiatic Society of Bengal* (Calcutta), vol. 1, no. 4 (1905), pp. 47 - 70.

على يمين ويسار الرواق يوجد رجال وسيمون للغاية، يلبسون ثياباً نفيسة متعددة الألوان ويشيرون بإصبعهم إلى عجوز جالس على منبر في الرواق أمام باب الدخول. كان العجوز يحمل بين يديه، على ركبتيه، لوحاً من حجر ككتاب مفتوح، وكأنه كان بذلك يدعو الحاضرين إلى رؤية ما كان مدوناً هناك.

وكان اللوح مقسماً إلى جزأين. في أسفل الجزء الأيسر، رسم لعصفورين متلاصقي الصدرين. وكان أحدهما مقصوص الجانحين، أما الآخر، الذي كان يهيمن على الأول، فقد كان سالم الجناحين. وكان كل واحد منهما يمسك بذنب الآخر، وكأن العصفور الذي يملك جناحين، كان يريد أن يجر الآخر الذي كان يقاوم. والعصفوران كانا يشكلان شبه دائرة، أي رمزاً «لاثنين في واحد».

كانت هناك دائرة فوق العصفور الطائر. وكان هناك رسم لهلال يقع في رأس اللوح فوق العصفورين. وبجانب هذا الرسم كانت توجد دائرة شبيهة بتلك الدائرة الموجودة في الأسفل بالقرب من العصفورين. يتضمن المجموع خمسة رموز، ثلاثة في الأسفل (العصفوران والدائرة)، وفي الأعلى الهلال والدائرة الأخرى.

في الجزء الأيمن من اللوح الحجري كان هناك رسم لشمس مع شعاعين وكان الكل يشكل رمزاً «لاثنين في واحد»، وبالقرب من الشمس كانت هناك شمس أخرى مع شعاع ساقط. يوجد، إذن، هنا ثلاثة أشياء، أي ثلاثة أضواء وهي الشعاعان «لاثنين في واحد»، والشعاع الساقط وصولاً إلى قاعدة اللوح الحجري.

تحيط هذه الأشعة بدائرة سوداء ثلثها منفصل، مما يعطي ثلثاً وثلثين. أحد الثلثين هو على شكل هلال داخله أبيض، وتحيط به الدائرة السوداء. تمثل هذه الرسوم «اثنين في واحد». وما هو موجود في الأسفل هو «واحد من اثنين» وهذان الأخيران هما الدائرة السوداء والهلال الموجود داخل الدائرة.

هناك أيضاً شمسان في الرأس وهما رسم «اثنين في واحد» والشمس التي هي رسم «واحد في واحد»، بشكل تكون فيه أيضاً من الجهة اليمنى من اللوح خمسة عناصر، كما من الجهة الأخرى. والمجموع هو عشرة، مما يطابق عدد العقبان والأرض السوداء.

إن هذه التقنية المعقدة التي تشبه رؤيا ليلية في حلم، يفْترض بها أن ترمز إلى العمليات المختلفة (تثبيت الألوان، التصعيد، التخثر. . . الخ) التي تؤدي إلى الحصول على حجر الفلاسفة. وتمثل بعض العناصر مختلف المواد الكيميائية المستخدمة كنقطة انطلاق (النحاس، الفضة، الكبريت، المغنيسيا. . الخ) بعد هذه المقدمة، تأتي قصيدة تتضمن ٤٤٨ شطراً، يفترض بها أن تشرح الرسم الذي تم وصفه أعلاه، أما عنوانها فهو **رسالة الشمس إلى الهلال**، ثم يأتي شرح منثور طويل، يشرح مختلف أجزاء القصيدة. إن هذا المؤلف الأخير هو الذي يشكل بالضبط **الماء الورقي**. وهو يمثل أهمية كبرى من وجهة نظر تاريخ

الخيمياء عند العرب، لأنه يتضمن استشهادات عديدة بكتاب قدامى.

المجريطي(٤٩)

شهدت الأندلس تحت حكم الخليفة الحكم الثاني (٩٦١ ـ ٩٧٦م) ازدهاراً في نشاط العلماء في جميع الميادين، بما فيها الخيمياء. وكان أحد هؤلاء العلماء يدعى مسلمة بن أحمد، وأصله من قرطبة ويعرف أكثر باسم المجريطي لأنه أقام لفترة طويلة في مدريد. وقد استوعب العلوم الإسلامية في الشرق العربي، حيث كانت له، على ما يبدو، صلات وثيقة مع كتاب **رسائل اخوان الصفا** الشهيرة، إذ إنه نقل إلى الأندلس نسخة منقحة جديدة عن هذه الموسوعة. وكان معروفاً بشكل خاص بفضل عمله في علم الفلك، الذي يتضمن مراجعة للجداول الفلكية الفارسية بتسلسل تاريخي عربي وشرحاً لـ *Planispherium* بطلميوس ومؤلفاً عن الأسطرلاب. وقد ترجم المؤلفان الأخيران بعد فترة قصيرة إلى اللاتينية، فلقيا نجاحاً كبيراً.

كما ينسب إليه عمل خيميائي مهم اسمه **رتبة الحكيم ومدخل التعليم** وعمل في التنجيم اسمه **غاية الحكيم**. وقد ترجم هذا الأخير إلى الإسبانية في عام ١٢٥٦ بأمر من ألفونس الحكيم، ملك قشتالة وليون (من العام ١٢٥٢ إلى العام ١٢٨٤) وفيما بعد إلى اللاتينية، بحيث أصبح شائعاً باسم Picatrix. ويذكره رابليه (Rabelais) في بانتاغرويل (Pantagruel) وذلك في معرض كلامه على «الأب المحترم في الشيطان Picatrix، رئيس الكلية الشيطانية في طليطلة». وقد اتضح فيما بعد أن نسبة الكتاب إلى المجريطي خاطئة، لأن النقد الداخلي يظهر أن العمل لا يمكن أن يكون قد وضع إلا بعد سنة ١٠٠٩، في حين أن المجريطي توفي سنة ١٠٠٧.

أثار هولميارد من جديد الاهتمام **برتبة الحكيم**. في هذا المؤلف يعبر الكاتب في البداية عن وجهة نظره حول طريقة إعداد طالب الخيمياء التي تتضمن دراسة الرياضيات وكتب إقليدس وبطلميوس والعلوم الطبيعية عند أرسطو وأبولونيوس الطياني؛ ومن ثم على الطالب أن يتملك مهارة يدوية، وأن يتدرب على المراقبة الدقيقة، وأن يقوم بتأملات حول المواد الكيميائية والتفاعلات؛ وعليه أن يتبع في أبحاثه قوانين الطبيعة كما يفعل الطبيب، فهو يشخص المرض ويصف العلاج، لكن الطبيعة هي التي تتصرف.

تتضمن **رتبة الحكيم** ثانياً تعليمات دقيقة وواضحة حول تنقية الذهب والفضة بطريقة أكسدة المعادن الموجودة مع الذهب في المزيج المنصهر أو بوسائل أخرى، مما يظهر أن المؤلف

---

(٤٩) Holmyard, *Alchemy*, p. 98; Sezgin, Ibid., vol.4, pp. 294 - 298; Ullmann, Ibid., pp. 225-226, and David Pingree, *Picatrix: The Latin Version of the Ghāyat al-ḥakīm* (London: Warburg Institute, 1986).

كان يعرف العمل التطبيقي في المختبر. ويصف ثالثاً تحضير أوكسيد الزئبق على قاعدة كمية.

جوهانس غرلاندوس(٥٠)

لم يبق من مؤلفه المهم **كتاب الشبوب والأحلام** الذي يعود إلى القرن الحادي عشر أو الثاني عشر للميلاد، القادم من إسبانيا على الأرجح، سوى مقاطع مدونة بالعربية. فلم يعرف اسم الكاتب ولا عنوان المؤلف. وقد ترجم مرتين إلى اللاتينية. وطبعت نسخة منه في بال العام ١٥٦٠ مع اسم مغلوط للكاتب وهي تحمل العنوان التالي: «Joannes Garlandus, *De mineralibus liber*». أما الترجمة الثانية فهي ناقصة في العديد من المخطوطات، وقد نشرها ستيل (Steel). كما استخدمها فنسنت دو بوڤيه (Vincent de Beauvais) في مؤلفه *Speculum naturale* و*Speculum doctrinale*. وقد نسب الكتاب إلى الرازي، لكن روسكا بين أن هذه النسبة كانت مغلوطة. وهو يتضمن أربعة فصول هي: (١) عن الزرنيخ والكبريت والزئبق؛ (٢) المعادن؛ ٣. الزجاج والأحجار الكريمة؛ (٤) الشبوب والأملاح. إنها، إذن، كيمياء اختبارية مجردة من أية اعتبارات تنجيمية أو غنوصية، ومصادرها الأساسية هي جابر والرازي.

الطغرائي(٥١)

يمثل هذا الخيميائي، الذي خدم السلطانين السلجوقيين ملكشاه ومحمد، أهمية كبرى كشاعر وكاتب. فقصيدته **لامية العجم** شهيرة جداً. وقد تم إعدامه في العام ١١٢١م.

يحاول الجلدكي في مؤلفه **النهاية** أن يقوم مكانة الطغرائي العلمية، فهو، في رأيه، أكبر خيميائي بعد جابر، وأسلوبه أصبح كاملاً لكن كتبه ليست معدة إلا لأولئك المتقدمين في الصنعة الكبرى. يورد الطغرائي في **كتاب المصابيح والمفاتيح** تعاليم القدامى، فهو نظري أكثر مما هو تطبيقي. ويصرح في قصيدته أنه ورث علمه الخيميائي عن هرمس. أما أهم كتاب خيميائي له، في رأي الجلدكي، فهو **مفاتيح الرحمة ومصابيح الحكمة**.

ابن أرفع رأس(٥٢)

نال هذا الكاتب شهرة كبيرة لدى الخيميائيين اللاحقين بفضل قصيدته الخيميائية **شذور**

(٥٠) انظر: Ullmann, Ibid., p. 228, and Julius Ruska, «Die Alchemie ar-Rāzī's,» *Der Islam,* Bd. 22 (1935), pp. 281 - 319.

(٥١) Ullmann, Ibid., p. 229.

(٥٢) المصدر نفسه، ص ٢٣١ ـ ٢٣٢.

الذهب، المتمتعة بكمال أدبي رفيع. إنها تتألف من ١٤٦٠ بيتاً بقافية تتضمن أحرف الأبجدية العربية الثمانية والعشرين. ويتابع المؤلف التقليد الرمزي - الروحاني شديد الغموض لأسلافه كابن أميل وأبي الإصبع والطغرائي والمزعوم خالد. وقد حصل على لقب **شاعر الحكماء وحكيم الشعراء** بفضل بلاغة قصيدته ورشاقتها. وحاول هو نفسه إعطاء شرح لها بشكل حوار مع تلميذه أبي القاسم محمد بن عبد الله الأنصاري.

أبو القاسم العراقي(٥٣)

ويسمى أيضاً السماوي، عاش على الأرجح في القرن الثالث عشر، وحياته معروفة قليلاً جداً. إن عمله الأساسي هو **كتاب العلم المكتسب في زراعة الذهب**، الذي نشر مع ترجمة انكليزية وشرح وضعه هولميارد العام ١٩٢٣. يقدم الكتاب فكرة جيدة عن المذاهب الخيميائية لذلك العصر.

وعلى الرغم من كونه قليل الابتكار، فإنه مع ذلك استحق الشرح الغزير على يد كاتب من النصف الأول للقرن الرابع عشر هو أيدمير الجلدكي (توفي في القاهرة العام ١٣٤١) في كتابه **نهاية الطلب في شرح المكتسب**.

الجلدكي (ت ٧٤٣هـ/ ١٣٤١م)(٥٤)

عز الدين أيدمير بن علي الجلدكي أصله من جلدك، وهي قرية في خراسان تبعد حوالى خمسين كيلومتراً عن مشهد. إنه بلا ريب الممثل الأكثر أهمية للفكر الخيميائي العربي المتأخر. وعلى الرغم من أنه لم يكن يمثل عقلاً خلاقاً، فقد كانت له مع ذلك مأثرة جمع عدد ضخم من كتابات أسلافه في أعماله العديدة، التي هي بشكل خاص عبارة عن شروحات واقتباسات.

فهو ينقل بأمانة النصوص التي يوردها. ويعتبر التصور الجابري عن الخيمياء حجة، لكنه لا يتخلى لهذا السبب عن الاستعارة الرمزية والهرمسية. وباستطاعتنا إدراك ذلك في شرحه الكبير **للماء الورقي** العائد لابن أميل. كما يشكل مؤلفه عن **كتاب نهاية الطلب في شرح المكتسب** للسماوي شرحاً ضخماً مليئاً بنصوص كتّاب قدامى. ففيه وردت قصائد عديدة (**شذور الذهب**)، كما تم ذكر الطغرائي ومؤلفين يونانيين قدامى مثل فيثاغورس،

---

(٥٣) المصدر نفسه، ص ٢٣٦.

(٥٤) سنتبين هذا الشكل متبعين التصويب الذي قام به كوربن، في: Corbin, *L'Alchimie comme art hiératique*, p. 67,

والذي يستند إلى واقع أن أصل المؤلف من قرية اسمها «جلدك»؛ انظر أيضاً: Ullmann, Ibid., pp. 237 - 242.

هرمس، أوستانس، ديموقريطس، زوسيم وغيرهم.

وفي مؤلفه **كشف الأسرار**، شرح النونية الشهيرة لأبي الإصبع بن تمام العراقي. ومن بين شروحاته الأخرى نستطيع أن نذكر **كتاب غاية السرور في شرح الصدور** لابن أرفع رأس وكتاب **لوامع الأفكار المضيئة**، وهو شرح **لرسالة الشمس إلى الهلال** لابن أميل... إلخ. وأخيراً، فقد كرس مؤلفاً خاصاً لحجر الفلاسفة هو كتاب **أنوار الدرر في إيضاح الحجر**، حيث يعرض في عشرة فصول نظرية الإكسير أي جوهره، وحدته، خصائصه، تصعيده، تقطيره، تنقيته... إلخ[٥٥].

ثالثاً: نقض الخيمياء: ابن سينا وابن خلدون

ابن سينا (ت ٤٢٨ هـ/ ١٠٣٧ م)[٥٦]

يعرف ابن سينا بشكل خاص كمؤلف **للشفاء والقانون في الطب**، أي كفيلسوف وطبيب. وبهذه الصفة انتزع إعجاب معاصريه من القرون الوسطى، في الغرب كما في الشرق. ونتساءل هل كان أيضاً «كيميائياً»، أو بتعبير ذلك العصر «خيميائياً»، مؤمناً بتحويل المعادن، مهتماً بالبحث عن «حجر الفلاسفة» ومحاولاً الحصول عليه؟

كرس روسكا سنة ١٩٣٤ مقالة هامة لاختبار صحة هذه المسألة[٥٧]. فيما يتعلق بموقف ابن سينا بخصوص الخيمياء، فالحل هو من الوضوح بمكان، بحيث يسقط كل شك، إذ إنه توجد نصوص صريحة يدين فيها الخيمياء بشكل حازم جداً وبخاصة في رسالته عن التنجيم، وبشكل أكثر إسهاباً في مؤلفه عن المواد المعدنية. إن توافق المختصين بأعمال

(٥٥) انظر: Catalogue de Berlin 4187 (Lbg 1007, fols. 54a - 64a).

(٥٦) حول ابن سينا، انظر مقالات: Georges C. Anawati and Z. Iskandar, in: the supplement of: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990), vol. 15, pp. 494 - 501.

انظر أيضاً: Georges C. Anawati: «Avicenne et l'alchimie,» papier présenté à: *Convegno Internazionale (9 - 15 Aprile 1969), Tema: Oriente e Occidente nel Medievo* (Roma: Accademia Nazionale dei Lincei, 1971), et «La Réfutation de l'alchimie par Ibn Khaldūn,» dans: *Mélanges d'islamologie: Volume dédié à la mémoire de Armand Abel par ses collègues, ses élèves et ses amis,* édité par Pierre Salmon, correspondance d'orient; no. 13, 2 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1974 - 1976), pp. 6 - 17.

(٥٧) Julius Ruska, «Die Alchemie des Avicenna,» *Isis,* vol. 21, no. 60 (1934), pp. 14 - 51.

وكان روسكا نفسه كيميائياً. ولم يبدأ بدراسة تاريخ هذا العلم عند العرب إلا في حوالى الخمسين من عمره. ثم أصبح بعد ذلك بعدة سنوات مدير معهد تاريخ العلوم الطبيعية في برلين. انظر الموجز عن حياته، الذي وضعه كراوس، في: Paul Kraus, «Julius Ruska,» *Osiris,* vol. 5 (1938), pp. 5 - 40.

ابن سينا حول وجهة النظر هذه كان بالإجماع. لكن نقطة الخلاف الوحيدة تتعلق بصحة مؤلف عنوانه الدقيق **رسالة الإكسير**، الذي كان دائماً ينسب إليه في القرون الوسطى اللاتينية والذي يرفضه روسكا باعتباره مزيفاً. أما أحمد أتش (Ahmed Atech) وهو من جامعة اسطنبول فيؤكد بقوة صحته في نهاية نشرة نقدية له(٥٨). فكيف نوفق، إذن، بين هذا المعطى الأخير وبين المواقف السابقة.

لنأخذ في البداية المسألة من وجهة نظر غربية. فلو راجعنا المصنفات الكلاسيكية للأعمال الخيميائية، كما نجدها في *Theatrum chemicum* لزتزنر (Zetzner) وفي *Bibliotheca chémica* لمنجيه (Manget)، فهذا ما نجده كأعمال منسوبة إلى ابن سينا:

1 - *Liber Aboali Abincine de Anima in arte Alchemiae.*

2 - *Declaratio Lapis physici Avicennae filio sui Aboali.*

3 - *Avicennae de congelatione et conglutinatione lapidum.*

4 - *Avicennae ad Hasen Regem epistola de Re recta.*

إن *De anima* هو الأهم حجماً وتأثيراً في القرون الوسطى الغربية. ويستشهد به فنسنت دو بوڤيه في عدد كبير من المقالات. والمقاطع التي يعرضها تتعلق بشكل خاص بالمعادن، وهذا ما يثبت أن المؤلف كان موجوداً بشكله اللاتيني في منتصف القرن الثاني عشر.

اعتبر برثلو (Berthelot) وشتاينشنايدر (Steinschneider) المخطوطة أصلية، لكن مع بعض التحريفات. أما روسكا فقد بين، على العكس من ذلك، أن الأمر يتعلق بخطأ وقع في إسبانيا في بداية القرن الثاني عشر. ومن بين الحجج التي يعرضها لتأكيد عدم صحة المخطوطة، إشارته إلى خلوها من الإهداء إلى أحد مشجعي العلم والأدب من معاصري ابن سينا، كذلك خلوها من أية إشارة إلى الشرق (لا إلى الأماكن ولا إلى المنتجات الخاصة بالشرق)، في حين أننا نجد فيها سلسلة تفاصيل تفضح الأصل الإسباني للمقتبس. إن بعض الكلمات الباقية في شكلها العربي، تظهر أن هذا الأخير قد استخدم عملاً عربياً alambic، tutia، aludel، azoch، وهي كلمات كانت شائعة وانتقلت إلى اللغة الخيميائية الغربية. هناك كذلك كلمات أخرى أقل استخداماً مثل bellote من العربية **بلوط**، attozonji أو artozonji من العربية أترنج، citron؛ orrez (riz)، zoala من العربية زحل؛ amostari

---

(٥٨) Ahmed Atech: «Ibn Sīnā, Risālat al-iksīr',» *Turkiyat Mecmuasi* (1952), pp. 27 - 54, and «Ibn Sīnā ve Elkimyā',» *Ankara Universitesi Ilahiyat Fakultesi Dergisi*, vol. 4 (1952), and سعيدان عيريبازان، مع ثماني لوائح من المخطوطة، ص ٤٧ ـ ٦٢. اصطناع موقفه، في العربية، في: جامعة الدول العربية، الإدارة الثقافية، **الكتاب الذهبي للمهرجان الألفي لذكرى ابن سينا**، انعقد المهرجان في بغداد من ٢٠ إلى ٢٨ آذار/ مارس ١٩٥٢ (القاهرة: مطبعة مصر، ١٩٥٢)، ص ٦٠ ـ ٦٤.

من العربية المشتري. بالإضافة إلى كلمة morabetini التي تشير إلى عملة تعود إلى زمن المرابطين وهي أندلسية على وجه التخصيص.

أعطى برثلو(٥٩) وروسكا(٦٠) تحليلاً مفصلاً لهذا الكتاب. وقد نقلا بشكل خاص اللوائح الثلاث للأسماء التي ذكرها كاتب *De anima*. فاللائحة الثالثة تتضمن أسماء يوحنا الإنجيلي رئيس دير الإسكندرية، الكردينال غارسيا، الكردينال جيلبير.... يضاف إلى ذلك، أنه لا يوجد أي عمل عربي لابن سينا يطابق من قريب أو بعيد هذا المؤلف. وبمناسبة أعياد الذكرى الألفية لميلاد ابن سينا، وفي كل المكتبات التي تملك مخطوطات له، فقد تم وضع جردة بالموجودات، ولم يظهر المطابق العربي للمؤلف اللاتيني المذكور أعلاه. لذلك فإن *De Anima* من **الشفاء** *(Liber sextum naturalium)* لا يملك أية علاقة مع الخيمياء. فلا بد، إذن، وبشكل نهائي، من استبعاد المؤلف الخيميائي اللاتيني الذي نسب إلى ابن سينا في القرون الوسطى عن أعماله الأصيلة.

أما بالنسبة إلى المؤلف الثاني *Declaratio Lapis physici Avicennae filio sui Aboali*، فإن طابعه المزيف يبرز فوراً من عنوانه الذي يخلط ما بين كنية ابن سينا، أبي علي، وما بين اسم ابنه... يبين روسكا أن المؤلف اللاتيني لهذا الكتيب لم يستخدم أصلاً عربياً (إذ لا نجد مصطلحات علمية تكشف مصدراً عربياً)، بل كتابات وفق التقليد العائد لـ *Turba philosophorum* و*De anima* لابن سينا الزائف. وبطبيعة الحال لا يوجد أي نص عربي مطابق لرسالة كهذه.

مع المؤلف الثالث *Avicennae de congelatione et conglutinatione lapidum* نقف على أرض أكثر صلابة. فالنص المطروح للبحث ينتمي في الواقع إلى **الشفاء** لابن سينا، وقد نشر بشكل نقدي في العام ١٩٦٥(٦١). وكان الاعتقاد السائد خلال فترة من الزمن، أنه

---

(٥٩) انظر: Berthelot, *Histoire des sciences: La Chimie au moyen âge*, pp. 294 - 301.

(٦٠) انظر: Ruska, «Die Alchemie des Avicenna,» pp. 34 - 35.

(٦١) انظر: أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، **المعادن والآثار العلوية، من كتاب الشفاء ـ الطبيعيات** (القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦٥). هنالك نسخة أخرى لهذا النص في: Avicenna, *Avicennæ de congelatione et conglutinatione lapidum; Being Sections of the Kitāb al-Shifā'*, the latin and arabic texts, edited with an english translation by Eric John Holmyard and D.C. Mandeville (Paris: P. Geuthner, 1927).

انظر أيضاً: Aristoteles, *The Arabic Version of Aristotle's Meteorology*, english translation by C. Petraitis, a critical edition with an introduction and greek - arabic glossaries, université Saint Joseph, institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1: Pensée arabe et musulmane; t. 39 (Beyrouth: Dar El-Machreq, 1967), et Carmela Baffioni, *La Tradizione araba del IV libro dei «Meteorologica» di Aristotele*, Supplemento... agli Annali; no. 23, vol. 40 (1980), fasc. 2 (Napoli: Istituto orientale di Napoli, 1980).

يشكل جزءاً من كتابات أرسطو وكان يسمى *Liber de mineralibus Aristotelis*. وقد نشر في الترجمات مع *Météorologie* لأرسطو، باعتباره يشكل الفصول الثلاثة الأخيرة من الكتاب الرابع. وقد ترجم ألفرد دو ساراشل (Alfred de Sarashel) حوالى العام ١٢٠٠ م، مع حذف بعض المقاطع، الجزء المخصص لتشكل المواد المعدنية. وقد وضع في ملحق مع الكتاب الرابع من *Météorologie*، الذي ترجمه من اليونانية الصقلي هنري أريستيب (Henri Aristippe)، في حين أن الكتب الثلاثة الأولى كان قد ترجمها من العربية جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone). وكان هذا المجموع يشكل، بين الترجمتين اللاتينيتين المستخدمتين في القرون الوسطى، ما كان يسمى *Vetus Versio*.

أما **كتاب المعادن والآثار** فيحتوي على قسمين. يدرس **أولهما** ما يمكن تسميته بالفيزياء الجغرافية للأرض. أما **الثاني** فيدرس الأحداث والكائنات غير الحية الموجودة على سطح الأرض.

بعد حديثه عن الجبال ومصادر المياه وغيرها، يصل ابن سينا إلى «المواد المعدنية» وخصائصها، ومن ثم إلى الخيمياء وادعاء الخيميائيين المتعلق بتحويل الرصاص إلى ذهب. ونستطيع أن نوجز مذهبه في القضايا الثلاث التالية:

١ - إن المعادن مركبة من زئبق وكبريت بنسب متفاوتة وهي مختلفة نوعياً.

٢ - إن ما يساهم بإعطاء كل معدن اختلافه النوعي، بالإضافة إلى نسب الزئبق والكبريت، هو درجة نقائهما. وهكذا فإن الزئبق يمكن أن يكون **نقياً**، **جيد الجوهر**، **رديئاً**، **دنساً** (غير نقي)، **متخلخلاً** (غير متماسك)، **أرضياً**، **جيداً**، **طينته ثقيلة**. كذلك فإن الكبريت يمكن أن يكون **أبيض**، **أنصع**، **أفضل**، **نقياً**، **غير نقي** يملك **قوة صباغة نارية لطيفة غير محرقة**، **فيه قوة احتراقية** (قابل للاحتراق)، **درناً**، **ناجساً** (ملوثاً)، **غير شديد المخالطة** (غير قابل للاختلاط)، **منتناً**.

٣ - إن الصناع المهرة يستطيعون بعمليات حاذقة «صبغ» المعادن وإعطاءها الشبه الخارجي مع الفضة أو الذهب، لكنهم لا يستطيعون بأية طريقة الوصول إلى تحويلها. فصناعة الفضة والذهب انطلاقاً من معادن أخرى هي مستحيلة عملياً وغير مسندة من وجهة نظر علمية فلسفية.

كما نجد تأكيداً لموقف ابن سينا في مؤلف نسب إليه بعنوان **رسالة في إثبات أحكام النجوم** أو أيضاً في **الإشارة إلى علم فساد أحكام النجوم**[٦٢]. فبعد مقدمة قصيرة يعرض فيها الأسباب التي دفعته إلى كتابة هذا المؤلف، يدقق ابن سينا في الدوافع التي حملت الناس

(٦٢) Mehren, «Vue d'Avicenne sur l'astrologie et sur le rapport de la responsabilité humaine avec le destin,» *Muséon*, vol. 3 (1884), pp. 383 - 403.

على الاشتغال بالخيمياء، فيعتبر أن ميل الإنسان للراحة والحياة السهلة جعله يعتقد أن الوصول إليهما غير ممكن إلا من خلال الثروة. ولا يمكن الحصول على هذه الثروة إلا بالكثير من العناء والعمل، باستثناء بعض الحالات النادرة كالإرث أو اللقيات. وبالتالي تصور بعض الناس وسيلة للحصول على هذه الثروة من دون جهد وعناء، واستنبطوا الخيمياء كوسيلة وعلم أكيد لتحويل المعدن البخس إلى فضة والفضة إلى ذهب. وقد تركوا في هذا الموضوع الكثير من الكتب، ككتابات جابر وابن زكريا الرازي. وهذا عبث لأن التقليد الاصطناعي لكل ما خلقه الله بقوة الطبيعة مستحيل. كما هو الأمر فيما يتعلق بالإنتاج الاصطناعي والعلمي الذي لا ينتمي بأي شكل من الأشكال إلى الطبيعة.

نصل الآن إلى **رسالة الإكسير**، التي نشرها أحمد أتش بطبعة علمية. أما روسكا فقد كرس لها، في مقالته حول كيمياء ابن سينا، بضع صفحات مستنداً فقط إلى النص اللاتيني، ووصل إلى خلاصة مفادها أن هذا المؤلف كان مزيفاً؛ فهو - في رأيه - عمل مؤلف أندلسي، انتقل لاحقاً من الغرب إلى الشرق.

تتألف **رسالة الاكسير** هذه من مقدمة قصيرة وتسعة فصول. يقول ابن سينا في المقدمة هذه إنه كان له تبادل آراء مع عالم معاصر له(٦٣) حول موضوع **«ما هو مخبأ في الصنعة»** (أي الخيمياء). وقد طلب منه هذا العالم الأخير أن يقدم له تقريراً يوجز فيه النتائج التي توصل إليها في ختام **«تفكراته وتفسيراته وتأملاته»**.

يعرض ابن سينا في الفصل الأول المبادىء العامة التي تشكل أساس الكيمياء كتقنية عملية. ثم يعيب على أنصار الخيمياء والمشنعين بها نقص الصرامة في استدلالاتهم. ويطرح المسألة بوضوح عندما يقول إن الأمر يتعلق بإيجاد صباغ لا تفسده النار، ومادة تمتزج بالمعادن، ومادة تستخدم كلحام، ومادة تجمد وتثبت بالنار، وحيلة لمزج هذه المواد حتى تصبح مادة واحدة تملك الخصائص التالية:

(١) لا تتحلل بالنار.

(٢) تلون بسبب الصباغ الذي تحتويه.

(٣) تمتزج بسبب ما تحتويه من مادة مازجة.

(٤) تلحم بسبب ما تحتويه من مادة لاحمة.

(هـ) تثبت بشكل دائم بسبب ما تحتويه من مادة مثبتة.

أما الفصول اللاحقة فتصف بالتفصيل طريقة تحضير هذه المواد المختلفة: الصباغ المبيض باستخدام الزئبق بعد تنقيته بالتصعيد وبعد جعله هشاً، الصباغ «المحمر» الذي يحصل

---

(٦٣) الشيخ السيد أبو الحسن سهل بن محمد السهلي.

عليه بواسطة الكبريت المنقى من الزرنيخ. . . الخ. ثم يتحدث ابن سينا عن تركيب هذه المواد المختلفة، كما يتحدث عن استخدام مواد غير معدنية وعن عمليات التكليس والإذابة. وأخيراً ينتهي الكتاب بوصف الإكسير. فهو يصبغ بواسطة صباغه ويغمر بمادته الدهنية. والدهن هو ما يجمع الصباغ الشديد النفاذ مع الكلس الشديد الكثافة ومع الماء. والدهن المثبت في الكلس إذا صبغ في الصباغ، فإن الكلس والصباغ يغوصان معه. وإذا ثبت الكلس فإن الدهن والصباغ يثبتان بسبب قوة المزيج. ويعطي ابن سينا النار كمثال عن الصباغ الأحمر من بين العناصر، والهواء كمثال عن الدهن، والماء كمثال عن الزئبق، والأرض كمثال عن الكلس. ويذكر ابن سينا أن الأبيض يتم بواسطة هذه العناصر الأربعة.

يرد أتش، في مقالته حول هذا المؤلف، على اعتراضات روسكا بشأن صحته بطريقة تبدو مقنعة بالنسبة إلينا. فبالنسبة إلى الاعتراض الأساسي الذي مفاده أن ابن سينا قد هاجم في **الشفاء** صناع الذهب، فإنه باستطاعتنا الإجابة بشكل صارم، أنه قد غير رأيه. لكن ذلك، وكما يؤكد أتش، كان غير ضروري لأن ابن سينا لا يتحدث في **رسالة الإكسير** عن تحويل المعادن بل عن «الصبغ»، إذ إنه لا يؤكد أشياء أخرى في **الشفاء**. ويضيف العالم التركي كإثبات، أن كل المخطوطات من دون استثناء تنسب المؤلف إلى ابن سينا، ومن بينها مخطوطتان موغلتان في القدم (٥٨٨هـ/ ١١٩٢م و٦٩٩هـ/ ١٢٩٠م).

بالإضافة إلى ذلك، يظهر ابن سينا في مقدمته موقفاً متحفظاً نحو الخيمياء، فيصرح أن أهل الجدارة والعلم يكذبون أنصار تحويل المعادن ويرفضون آراءهم باعتبارها خاطئة. ويضيف بعد قراءته لكتب هؤلاء، أنه وجد محاجتهم واهية، كما وجد أن ما تحتويه هذه الكتب هو أقرب إلى الهذيان. هذه ليست كلمات مؤيد متحمس للخيمياء. ورغبة منه في الحفاظ على موضوعية صارمة، فهو يفضل اختبار المسألة ووضع تجارب تثبت بشكل حاسم استنتاجاته الفلسفية.

يبدو لنا أن البحث عن الحل يكون في اختبار صحة التسلسل الزمني لأعمال ابن سينا. وإذا أخذنا بعين الاعتبار سيرته الذاتية التي أكملها تلميذه الجوزجاني، فإننا نستطيع تقسيم حياته إلى ست مراحل. ففي الثانية منها، وهي مرحلة أسفاره، يلتقي بأبي الحسن السهلي، الذي وجهت إليه **رسالة الإكسير،** أما التجارب التي يتحدث عنها في هذه الرسالة فيفترض أنها قد وضعت في وقت سابق. وهكذا فقد استطاع أن يمر بمرحلة ترقب وأبحاث، رغبة منه في القيام بنفسه باختبار ادعاءات الخيميائيين. وشيئاً فشيئاً، يترسخ اعتقاده، فالملحوظات الواردة في بداية هذه **الرسالة،** المستخفة بالخيميائيين وبضعفهم من وجهة نظر فلسفية، تخلي مواقعها لرفض محض وبسيط لادعاءاتهم العلمية ـ الزائفة. لكنه مع ذلك يحافظ على يقين مفاده أن مهارة صناع الذهب المزعومين يمكن أن تذهب بعيداً جداً، وصولاً إلى نقطة يمكن معها خداع أكثر الناس فطنة. وهكذا يبدو لنا أن شرحنا هذا ينقذ

في الوقت نفسه صحة **رسالة الإكسير** كما ينقذ الموقف الفلسفي الأساسي لابن سينا تجاه الخيمياء.

ابن خلدون (ت ٨٠٩هـ/ ١٤٠٦م)(٦٤)

يكرس كاتب **المقدمة** الشهير فصلين في مؤلفه للخيمياء. ففي فصل أول (الفصل ٢٣) وهو بعنوان **في علم الكيمياء**، يعرف الخيمياء ويذكر عدداً من مؤيديها وينقل بشكل حرفي رسالة لابن بشرون الذي يعرض التقنية الخيميائية الأساسية. أما في فصل آخر (الفصل ٢٦) وهو بعنوان **في إنكار ثمرة الكيمياء واستحالة وجودها وما ينشأ من المفاسد عن انتحالها**، فإنه ينكر الثمار المزعومة لهذا العلم، كما يبين أن هذا العلم مستحيل وتطبيقه يتضمن نتائج خطرة من وجهة نظر اجتماعية.

تعريف الخيمياء؛ عمليتها الأساسية

يبدأ ابن خلدون بتحديد موضوع «علم الخيمياء»: «وهو علم ينظر في المادة التي يتم بها كوْن الفضة والذهب بالصناعة ويشرح العمل الذي يوصل إلى ذلك».

أين نجد هذه المادة وكيف يتم تحضيرها؟ إن الخيميائيين قد اتجهوا نحو الأشياء الشديدة الاختلاف، وليس فقط المواد المعدنية (**المعادن**) بل استخدموا أيضاً العظام والريش والوبر والبيض والبراز. وأجروا عمليات كلاسيكية كتحليل الأجسام إلى أجزائها الطبيعية بالتصعيد والتقطير، وتجميد السوائل بالتكليس، وسحق الأجسام بالمدقة والهاون... إلخ. وبواسطة هذه العمليات، كان الخيميائيون يفكرون بالحصول على **جسم طبيعي** يسمونه الإكسير الذي يلْقى على جسم معدني محمى (الرصاص مثلاً أو القصدير أو النحاس) فيحوله إلى ذهب خالص.

الخيميائيون القدامى؛ الخيمياء تنتمي إلى السحر

يقول ابن خلدون إن الكثيرين من المؤلفين، ومنذ أقدم العصور قد كتبوا حول الخيمياء، إلا أن أكبر المعلمين في هذا المجال هو جابر بن حيان الذي وضع ٧٠ رسالة كلها شبيهة بالألغاز، بحيث لا يملك مفتاحها إلا من أحاط بكل العلم الموجود فيها. كما أتى على ذكر خيميائيين آخرين أمثال الطغرائي ومسلمة المجريطي، الذي كتب حول الخيمياء **رتبة الحكيم** كنظير للعمل الآخر **غاية الحكيم** المكرس أصلاً للسحر والطلاسم، بالإضافة إلى ابن المغيربي وغيرهم. ثم ينقل ابن خلدون رسالة تعالج الخيمياء، كان أبو بكر بن بشرون، أحد

(٦٤) Anawati, «La Réfutation de l'alchimie par Ibn Khaldūn,» pp. 6 - 17.

تلامذة مسلمة، قد وجهها إلى زميله في الدراسة أبي السمح، وبعد الانتهاء منها يعبر عن آرائه الخاصة إزاءها فيقول: «وأنت ترى (مما أتى سابقاً) كيف (المؤلف) صرف ألفاظهم كلها في الصناعة إلى الرمز والألغاز التي لا تكاد تبين ولا تعْرف وذلك دليل على أنها ليست بصناعة طبيعية. . .» وما يجب اعتقاده في أمر الكيمياء هو الحقيقة التي يؤكدها الواقع أنها تنتمي إلى صنف من تأثيرات «**النفوس الروحانية**» ونشاطها في عالم الطبيعة، وهي إما من نوع **الكرامة** إذا كانت النفوس خيرة، أو من نوع **السحر** إذا كانت النفوس شريرة فاجرة.

يباشر ابن خلدون في الفصل السادس والعشرين بنقض الخيمياء بشكل منظم. فيبدأ بلفت النظر إلى وجود عدد كبير من الخيميائيين العاجزين عن كسب رزقهم والذين فكروا بالإثراء عن طريق تعاطي الخيمياء. وفي الواقع فإنهم لا يفعلون شيئاً سوى خسارة الأموال وفقدان كل احترام عندما يتم اكتشاف بطلان محاولاتهم. وهناك آخرون يلجأون ببساطة إلى الغش، إما بشكل ظاهر أو بشكل خفي. فالظاهر يكون مثلاً بلصق طبقة رقيقة من الذهب على حلى فضية، أو بتغطية أشياء نحاسية بالفضة، أو بخلط هذين المعدنين. أما الخفي فيكون بتغيير مظهر بعض المعادن بعملية اصطناعية، كتبييض النحاس مثلاً عن طريق تغطيته بالزئبق المصعد، فيأخذ عندها مظهر جسم شبيه بالفضة. والمجربون المهرة باستطاعتهم وحدهم اكتشاف هذا الغش.

لكن الخيميائيين ليسوا بغشاشين كلهم، فبعضهم شريف ويؤمن عن حسن نية بإمكانية تحويل هذه المعادن، والنقاش ممكن مع هؤلاء. ومع أننا، وكما يلحظ ابن خلدون بانتباه، لا نعلم أن أحداً في العالم قد توصل إلى النتيجة المرجوة بواسطة الخيمياء. فكل ما يروى حول هذا الموضوع لا يشكل سوى مجرد حكايات.

يبدأ المؤرخ الشهير بعد ذلك بنقض ادعاءات الخيميائيين. فبعد عرضه لآراء الفارابي وابن سينا والطغرائي، يقدم عدداً من الحجج التي يوجزها لاحقاً على الشكل التالي: «حاصل صناعة الكيمياء وما يدعونه بهذا التدبير أنه مساوقة الطبيعة المعدنية بالفعل الصناعي ومحاذاتها به إلى أن يتم كوْن الجسم المعدني أو تخليق مادة بقوى وأفعال وصورة مزاجية تفعل في الجسم فعلاً طبيعياً فتصيره وتقْبله إلى صورتها. والفعل الصناعي مسبوق بتصورات أحوال الطبيعة المعدنية التي يقصد مساوقتها أو محاذاتها، أو فعل المادة ذات القوى فيها تصوراً مفصلاً واحدة بعد الآخرى. وتلك الأحوال لانهاية لها والعلم البشري عاجز عن الإحاطة بما دونها. وهو بمثابة من يقصد تخليق إنسان أو حيوان أو نبات. هذا محصل هذا البرهان».

يبين ابن خلدون حججاً أخرى؛ تحمل إحداها طابعاً اجتماعياً، فالحكمة الإلهية أرادت أن يكون الذهب والفضة، المعدنان الثمينان النادران، «**قيماً لمكاسب الناس ومتحولاتهم**»، وزيادتهما المفرطة تجعل المعاملات بين الناس لا معنى لها كما أنها تتعارض مع الحكمة الإلهية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطبيعة تستخدم دائماً أقرب الطرق وهي مختلفة

تماماً عن عمليات الخيميائيين المعقدة الطويلة. وأخيراً، إن المقارنات المستخدمة فيما يتعلق بالإكسير هي مرفوضة، فالخميرة على سبيل المثال لا تفعل سوى تحويل العجين وإعداده للهضم؛ وهذا **فساد** والفساد عملية سهلة، في حين أن تحويل المعدن إلى ما هو أنبل منه وأرقى، هو **تكوين وصلاح**. وفي ختام هذه الحجج يؤكد ابن خلدون موقفه مرة أخرى: «فقد تبين أنها (الخيمياء) إنما تقع بتأثيرات النفوس وخوارق العادة إما معجزةً أو سحراً. . . . وأمور خرق العادة غير منحصرة ولا يقصد أحد إلى تحصيلها».

إن هذه النهاية الرافضة للخيمياء من قبل عقل على هذا القدر من التميز والفرادة كابن خلدون، يجب أن تدفع إلى التفكير مؤيدي الخيمياء «كصناعة للذهب والفضة». أما فيما يختص بالجانب الروحاني للخيمياء كوسيلة لتطهير الروح، فلم ترد أية كلمة في شأن ذلك عند ابن سينا ولا عند ابن خلدون. كان لا بد من انتظار الخيميائيين الغربيين لولوج هذا الطريق، ومن انتظار التأملات الفلسفية الغنوصية لكوربن (H. Corbin) لكي تكشف عن مثيلاتها عند كتابنا العرب.

نشير في نهاية دراستنا إلى أن هذا الموقف السلبي لابن سينا وابن خلدون ليس الموقف الوحيد عند الكتاب العرب، إذ إنه توجد مصنفات كاملة تتعلق بالدفاع عن الصنعة الكبرى. وقد كرس أولمان (M. Ullmann)[٦٥] بعد ليبمان (E. Lippmann)[٦٦] لهذه المسألة جزءاً كاملاً من دراسته عن الخيمياء عند العرب. إذا كان الكندي[٦٧] يدحض إدعاء الخيميائيين، فإن الفارابي، بالمقابل مع كونه «فيلسوفاً»، يؤكد مشروعية هذا «العلم»[٦٨]، كما يؤكده أيضاً فخر الدين الرازي[٦٩]. لذلك يبقى النقاش مفتوحاً في هذا المجال، وأخيراً يبدو واضحاً على صعيد المبادىء أن المسألة متعذرة الحل. ففي مصر وغيرها من الأقطار نجد أيضاً في الوقت الراهن باحثين متحمسين عن حجر الفلاسفة، وليس باستطاعة أي فشل أن يدفع بهم إلى الإحباط.

وما هو مؤكد أن تاريخ الخيمياء عند العرب جدير بالتدقيق من وجهة نظر مزدوجة. فمن جهة، أدت الأبحاث الاختبارية في «مختبرات» الخيميائيين العرب إلى اكتشاف منتجات كيميائية جديدة وإلى ابتكار بعض العمليات التكنولوجية المفيدة في الحياة اليومية؛ ومن جهة

---

(٦٥) Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam,* pp. 249 - 257.

(٦٦) Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte,* vol. 2, pp. 12 - 14.

انظر أيضاً: Eilhard E. Wiedemann, in: *Journal für Praktische Chemie,* Bd. 184, no.76 (1908), pp. 71-87.

(٦٧) «إبطال دعوى المدّعين صنعة الذهب والفضة من غير معادنها».

(٦٨) «مقالة في وجوب صناعة الكيمياء».

(٦٩) فخر الدين محمد بن عمر الرازي، **المباحث المشرقية في علم الإلهيات والطبيعيات،** ٢ ج (حيدر آباد: مجلس دائرة المعارف النظامية، ١٣٤٣ هـ)، ج ٢، ص ٢١٤ ـ ٢١٨.

أخرى، فإن تأملات بعض الخيميائيين، حيث امتزجت معطيات كتاب العصور القديمة مع التأكيدات الدينية الواردة في النصوص المقدسة، قد أنتجت اختماراً فكرياً. انطلاقاً من وجهة النظر المزدوجة هذه، فإن الخيمياء تشكل عند العرب حلقة في عملية انتقال بعض الأفكار الفلسفية والعلمية من العصور القديمة إلى العالم المعاصر. فهي، بهذه الصفة، جديرة بإثارة اهتمام مؤرخي العلوم.

ـ ٢٦ ـ
استقبال الخيمياء العربية في الغرب

روبير هالّو(*)

مقدمة

إذا كان الجميع يعترف في الوقت الحاضر أن الخيمياء اللاتينية في القرون الوسطى قد تأسست بكاملها على الإرث العربي، فإن آليات انتقالها، مع ذلك، لم تتم دراستها. فالترجمات ليست جميعها مسندة[١]؛ ونماذجها العربية لم تحدد هويتها دائماً، والأصل المخطوط غير معروف؛ والمترجم غير مذكور إلا في عدد قليل من الحالات.

لم تعرف القرون الوسطى الأولى اللاتينية الخيمياء. وإن كانت المصنفات المسماة وصفات المشغل (Rezeptliteratur) قد نقلت عدداً من الصيغ المترجمة عن مؤلفات خيميائية

(*) أستاذ في جامعة لياج ـ بلجيكا.

قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

(١) إن الفهارس الأكثر كمالاً تعود إلى: Manfred Ullmann, *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam*, Handbuch der Orientalistick; I, VI, 2 (Leiden: E. J. Brill, 1972), and Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982), vol. 4.

إلا أن الكثير من الآثار المثيرة للاهتمام وغير المكتشفة، ما زال الإيحاء بها مستمراً على يد شتاينشنايدر، انظر: Moritz Steinschneider, *Die Europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts*, Akademie der Wissenschaften, Vienna. Philosophisch - Historische Klasse. Sitzungsberichte, 149, Bd. 4, Abh; 151. Bd. 1 Abh., 2 vols. (Wien: C. Gerold's Sohn, 1905 - 1906).

يونانية، إلا أنها أتت مقطوعة عن سياقها التصوري الذي تفقد معناها من دونه(٢). وهكذا فإن النواة الأصلية للمؤلف *Mappae Clavicula*، الذي يبحث مسألة معالجة الأحجار الكريمة والفصوص، هي ترجمة لعمل يوناني اسمه **المفتاح الصغير للمهارات اليدوية**، الذي بقيت منه آثار عديدة في مجموعة أعمال الخيميائيين اليونانيين(٣). إلا أن هذه الخيمياء لم يتم الاعتراف بها كخيمياء. لذلك مثل دخول الخيمياء العربية شيئاً جديداً تماماً، مليئاً بالوعود وصعب الاستيعاب في الوقت نفسه.

أولاً: التسربات الأولى

غالباً ما يعتبر أن أول ذكر للخيمياء في الغرب، قد ورد في مقطع من مدونة أخبار آدم دو برام (Adam de Brême)، حيث يروي خبر تحويل خادع، وذلك أمام أسقف هامبورغ نحو ١٠٥٠ م على يد يهودي بيزنطي اسمه پول (Paul)(٤). ونظراً لعدم وجود أية معلومات أخرى، فبمقدورنا الافتراض أن پول كان يستقي معلوماته من بيزنطية، حيث شهد الفن المقدس في عصر بسيلوس (Psellos) تجديداً عميقاً(٥).

إنها لمفارقة أن نجد في ايفل (L'Eifel)، وبعيداً عن مراكز دخول العلم العربي، أول أثر مؤكد عن الخيمياء. فالأمر يتعلق بمقطع شهير من **الوصف الموجز لمختلف الفنون** *(Diversarum artium schedula)* للراهب تيوفيل (Théophile) وهو الاسم المستعار للبندكتي روجيه دو هلمارشاوزن (Roger de Helmarshausen)(٦). ويقول المقطع: «عن الذهب الإسباني. وهناك أيضاً ذهب يسمى الإسباني، وهو يتألف من نحاس أحمر ومسحوق

---

(٢) حول هذه المصنفات، انظر: P. Cézard: *L'Alchimie et les recettes techniques* (1945), vol. 1: *Métaux et civilisations*, et *La Littérature des recettes du XII^e au XVI^e siècle d'après les manuscrits des bibliothèques publiques de Paris, positions de thèses, école nationale des chartes*, promotion de 1944 (Nogent le Rotrou: [s. n.], 1944).

(٣) انظر: Robert Halleux et Meyvaert, «Les Origines de la *Mappæ Clavicula*,» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge* (1987), pp. 1 - 58.

(٤) Scholie à Adam de Brême, *Monumenta Germaniæ Historica*, SS, VII, 349; أو *Patrologie Latine*, 146, cols. 583 - 584.

(٥) حول نشاطات پسيلوس (١٠١٨ ـ ١٠٩٨؟) الخيميائية، انظر: J. Bidez, *Michel Psellus: Epître sur la chrysopée: Opuscules et extraits sur l'alchimie, la météorologie et la démonologie*, catalogue des manuscrits alchimiques grecs; VI (Bruxelles: [s. n.], 1928).

نستطيع حتى أن نفترض بأن المجموعة B للخيميائيين اليونانيين (BN grec 2325)، والتي قدم پسيلوس برسالة، تمثل تنقيحاً معداً في الوسط المحيط به.

(٦) Theophilus, *The Various Arts (De Diversis Atribus)*, translated from the latin with introduction and notes by C.R. Dodwell, Medieval Texts (London, New York: T. Nelson, 1961), vol. 3, p. 48.

مليكة[٧] ودم بشري وخل. وقد صنع الوثنيون، الذين ربما امتلكوا في هذا الفن مهارة، مليْكات بهذه الطريقة. إذ كانت لديهم غرفة تحت الأرض، سقفها وأرضها وجميع أجزائها مصنوعة من حجر، كما كان لها نافذتان صغيرتان شديدتا الضيق بحيث ان الرؤية تكون من خلالهما فائقة الصعوبة. وكان هؤلاء يضعون فيها ديكين عجوزين يبلغ عمرهما اثنتي عشرة أو خمس عشرة سنة، وكانوا يقدمون لهما الأكل بما فيه الكفاية. وعندما يصبح هذان الأخيران سمينين، فإنهما يتزاوجان بحرارة بدانتهما ويضعان بيوضاً. عندئذ يتم إخراج الديكين، ولأجل حضانة البيوض يتم إدخال ضفادع، يقدم إليها الخبز كغذاء. وبعد انقضاء فترة الحضانة تخرج من البيوض ذكور صغار أشبه بصيصان دجاجة، تنمو عندها أذناب ثعبان بعد مرور سبعة أيام. وإذا كانت الغرفة غير مبلطة بالأحجار، فإن الصيصان عند ذاك تدخل فوراً في الأرض. ولتدارك هذا الأمر، يملك هؤلاء الذين يقومون بتربيتها أوعية مستديرة من القلز[٨] بأحجام كبيرة ومثقوبة من جميع الجهات بحيث تكون فتحاتها متقاربة، فيضعون فيها فراخ الدجاج، ويسدون الفتحات بأغطية نحاسية، ويدفنونها في الأرض، ويطعمونها ستة أشهر من التراب الناعم الذي يدخل عبر الفتحات. ثم يكشفون الفتحات بعد ذلك ويشعلون ناراً قوية حتى تحترق الحيوانات الموجودة في الداخل احتراقاً كاملاً. وعندما يبرد ما ينتج عن الاحتراق يعمدون إلى استخراجه، ويطحنونه بعناية، ويضيفون إليه ما يعادل ثلث مقداره دم إنسان أشقر، وبعد تجفيف هذا الدم يتم إحراقه. هذان الشيئان مجتمعان ينقعان في خل قوي في وعاء نظيف. نأخذ بعد ذلك صفائح رقيقة جداً من النحاس الأحمر الشديد النقاء، ونضع عليها من كل جانب طبقة من هذا المستحضر وندخلها في النار. عندما تصبح حامية، نسحبها، نبردها ونغسلها بالمستحضر نفسه؛ ونكرر العملية بهذا الشكل، حتى ينخر المستحضر النحاس من جهة إلى أخرى ويأخذ بسبب ذلك وزن، ولون، الذهب. إن هذا الذهب صالح لكل الأعمال».

إن صيغة كهذه تظهر ناشزة في *Schedula*. فالمؤلِّف، كما نعرف، هو دفاع عن العمل اليدوي في الوسط الرهباني، ووصف، كله إيجابية، للعمل اليومي للرسام ولصانع الزجاج وللصائغ. إلا أن وصف الذهب الإسباني يقع في ذلك السياق، حيث إن تيوفيل مجبر على الكتابة استناداً إلى مصدر آخر غير المصدر الأصلي. فالوصف يتعلق هنا بخصائص ذهب مماثلة لخصائص ذهب شبه الجزيرة العربية، الذي ورد ذكره في سفر التكوين[٩]. وفي أنشودة المزامير[١٠]، وسابقة لخصائص ذهب الرمل الذي رآه يستخرج على ضفاف نهر الرين.

(٧) حية أسطورية نسب إليها القدامى قوة خارقة بنظرها وشبهوها بالملك لسطوتها.

(٨) مزيج معدني أساسه النحاس.

(٩) المصدر نفسه، مج ٣، ص ٤٥. انظر: **الكتاب المقدس**، «سفر التكوين،» الإصحاح ٢، الآية ١٠.

(١٠) المصدر نفسه، مج ٣، ص ٤٦. انظر: **الكتاب المقدس**، «المزامير،» الإصحاح ٧١، الآية ١٥.

وقد يكون الأمر متعلقاً بثرثرة بائع معادن، يرفع من قيمة بضاعته بهذا الشكل. لكن الأمر الأكثر احتمالاً، هو أن تيوفيل يستخدم مصدراً مكتوباً. والوصفة نفسها بسيطة: إنها تتعلق بسقاية النحاس الأحمر بمسحوق المليكة وهو على الأرجح اسم رمزي خيميائي[١١]، وبدم إنسان أشقر، وهو الاسم الرمزي للزئبق السائل المستخلص من الزنْجفر الأحمر[١٢]. أما بالنسبة إلى ما يسمى خلق المليكة، فإنه ينتمي إلى أدب المؤلفات الرمزية عن الحيوانات، مع أن التفاصيل التي يعطيها تيوفيل ليست كلها مؤكدة[١٣].

إلا أن ألبير الكبير (Albert le Grand)، على ما يبدو، يعرف النص، حيث نجد أسطورة المليكة مرتبطة بهذه الوصفة الخيميائية.

Dicit etiam Hermes quod argentum cinere eius delinitum accipit auri splendorem et pondus et soliditatem (...) Dicunt etiam quidam quod generantur de ovo galli sed hoc verissime falsum est et impossibile: et quod Hermes docet basiliscum generare in vitro, non intelligit de vero basilisco, sed de quodam elixyr alkymico quo metalla convertuntur.

«يقول هرمس كذلك إن الفضة المطلية برماد المليكة تكتسب بريق ووزن وصلابة الذهب (. . .) ويقول بعضهم أيضاً إنها تولدت انطلاقاً من بيضة ديك، لكن هذا الأمر هو بالتأكيد خاطىء ومستحيل. وعندما يقول هرمس انه ينتج مليكة في وعاء زجاجي، فإنه لا يعني مليكة حقيقية، بل إكسيراً خيميائياً يحول المعادن[١٤]. كما أن هناك مقطعين متعلقين بالمليكة يذكران هرمس[١٥]. وتحت هذا الاسم، يورد ألبير عدة

---

(١١) لا تظهر الكلمة مع ذلك في القائمة التي نشرها أ. سيغل (A. Siggel).

(١٢) كبريتيد الزئبق. انظر على سبيل المثال: W. Johnson, *Lexicon Chymicum* (London: [n. pb.], 1652 - 1653), and Jean Jacques Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa*, 2 vols. (Geneva: Variorum Reprints, 1702), p. 262: «Sanguis hominis rufi.: Sulphur mercurius solis».

(١٣) انظر: Florence McCulloch, *Mediaeval Latin and French Bestiaries*, North Carolina University, Studies in the Romance Languages and Literatures; no. 38 (Chapel Hill: University of North Carolina, 1960), p. 93, and P. Ansell Robin, *Animal Lore in English Literature* (London: [n. pb.], 1932), pp. 86 - 91.

(١٤) انظر: Albert le Grand, *De Animalibus*, edited by H. Stadler, in: *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster), Bd. XV - XVI (1903 - 1921), XXV, 19, p. 1562.

(١٥) المصدر نفسه، XXIII، ١١٦، ص ١٤٩٦: «Quod autem dicunt decrepitum gallum ovum ex se generare et hoc in fimo ponere et hoc testa quidem carere, sed adeo duræ pellis esse quod ictibus fortissimis resistat et quod hoc ovum fimi calore fecundetur in basiliscum qui est serpens in omnibus sicut gallus, sed caudam longam serpentis habens, ego non puto esse verum: =

أعمال مختلفة[١٦]. أما العمل الذي استخدمه تيوفيل، والذي سنحيط به لاحقاً، فإنه ينتمي إلى المجموعة الأكثر قدماً من الترجمات الخيميائية.

يبدو أن إضافات أدلار دو باث (Adélard de Bath) إلى المصنف *Mappae Clavicula* تنتمي إلى المجموعة القديمة نفسها[١٧]. فانطلاقاً من نواة بدائية مأخوذة من الخيميائيين اليونانيين، تضخم هذا المصنف خلال القرون الوسطى القديمة بإضافات تتعلق بالصباغ وبفن العمارة وبالتراكيب المحرقة، . . . الخ[١٨]. أما شكله النهائي، فهو محفوظ في المخطوطة الشهيرة الموجودة في Corning Museum of Glass (القرن الثاني عشر)، حيث إن الوصفتين (١٩٠، ١٩١) تحتويان على كلمات من الإنكليزية القديمة، وتحتوي الوصفات من ١٩٥ إلى ٢٠٣ على كلمات عربية[١٩]. ومن جهة أخرى، فإن المخطوطة London BL Royal 15 CIV، الورقة ٢ظ (القرن الثالث عشر)، التي تقدم جدولاً عن محتوى المصنف تذكر أن المقالة

= tamen Hermetis dictum est et a multis susceptum propter dicentis auctoritatem».

انظر: المصدر نفسه، XXII، ١٣٢، ص ١٤٢٠. انظر أيضاً: Vincent de Beauvais, *Speculum Naturale* (Douai: [s. n.], 1624), XX, pp. 23 - 24.

يبدو أن المؤلف نفسه كان معروفاً من: Ferarius Monachus, «De Lapide Philosophorum,» dans: *Theatrum Chemicum* (Recueil de textes alchimiques), 6 vols. (Strasbourg: [s. n.], 1659 - 1661), vol. 3, p. 150: «Et taceant etiam credentes ex pulvere bruti animalis Basilisci opus nostrum fieri. Ex hoc enim forte fallentur, quod nostri lapidis odorem esse dicunt philosophi tamquam odorem sepulcrorum. Et propterea forte credunt ipsum esse Basiliscum quod fœtidissimum dicitur esse animal».

(١٦) بالمقابل فإن ألبير الكبير يذكر Hermès Asclepius أي L'Asclepius.

انظر: Albert le Grand, Ibid., XXII, 9, p. 1353.

(١٧) Marshall Clagett, «Adelard of Bath,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990), vol. 1, pp. 61 - 64.

(١٨) حول هذه المخطوطة، انظر: C. S. Smith and J. G. Hawthorne, *Mappæ Clavicula: A Little Key to the World of Medieval Technique,* Transactions of the American Philosophical Society, vol. 64, no. 4 (1974) (Philadelphia: [n. pb.], 1974), pp. 5 - 7.

(١٩) وفقاً لبرثلو (Berthelot)، يتعلق الأمر بالوصفات من ١٩٥ إلى ٢٠٠. مع ذلك، فإن الوصفة ٢٠١ تحتوي الكلمات «natroni, id est alatroni»، والوصفتان ٢٠٢ و٢٠٣ تحتويان الكلمات «natroni» و«borax»، وهي عربية. انظر: Marcellin Pierre Eugène Berthelot, «Adelard de Bath et la *Mappæ Clavicula (Clef de, la peinture),*» *Journal des savants,* 3ème série, vol. 4 (1906), pp. 61 - 66, réimprimé dans: *Archéologie et histoire des sciences* (Paris: [s. n.], 1906), réimprimé (Amsterdam: [s. n.], 1968), pp. 172 - 177.

الأخيرة هي *Liber magistri Adelardi Bathoniensis qui dicitur Mappae Clavicula*[٢٠]. إلا أن النص المطابق للعنوان المذكور غير موجود في المخطوطة. وبعد أن قابل مرسولين برثلو (Marcellin Berthelot) بين المؤشرين، استنتج منهما أن الوصفات موضوع البحث، قد أضافها أدلار إلى *Mappae Clavicula*[٢١].

تتضمن الوصفات هذه ثلاث صيغ في النقش العاجي وتلويناً للذهب وتنقية للذهب وسبيكة للتذهيب، وتلويناً للفضة وثلاثة لحامات. ويصعب تحديد مصدر هذه الوصفات، بالرغم من أنها تمثل تشابهاً عاماً إلى حد ما مع وصفات *Liber sacerdotum*[٢٢].

أن يكون المصنف *Mappae Clavicula* قد خضع للتعديل في أوساط المترجمين الإسبانيين، فهذا ما نجد له مؤشراً إضافياً في **فهرس پاليرمو** *(Catalogue de Palerme)* ms. 4° Qq 10, fol. 371 (بداية القرن الرابع عشر). ويتعلق الأمر بفهرس لكتب الخيمياء التي كان يملكها، في نهاية القرن الثالث عشر، الأخ الدومينيكي، راهب دير San Procolo في بولونيا (Bologne)[٢٣]. نقرأ في هذا الفهرس (الورقة ٣٧١ ظ، السطران ٢٥ ـ ٢٦) بعد العديد من عناوين الأعمال المكتوبة شعراً:

Item alium librum metricum qui dicitur mappa clavicule per Robertum translate de arabico in latinum qui incipit. Quere dei regnum prius et tibi cuncta dabuntur (TK 1191).

---

(٢٠) Sir George Frederic Warner and Julius P. Gilson, *British Museum: Catalogue of Western Manuscripts in the Old Royal and King's Collections* (London: The Trustees, 1921), p. 165.

(٢١) انظر: Berthelot, Ibid., pp. 61-66.

(٢٢) إنها نص عربي الأصل نشر جزئياً وفقاً لـ *BN Lat. 6514, ff. 41 - 51* على يد:

Marcellin Pierre Eugène Berthelot, *Histoire des sciences: La Chimie au moyen âge,* 3 vols., vol. 1: *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge;* vol. 2: *L'Alchimie syriaque,* en collaboration avec R. Duval; vol. 3: *L'Alchimie arabe,* textes et traductions, en collaboration avec Q. Houdas (Paris: Imprimerie nationale, 1893), vol. 1, pp. 179 - 228, réimprimé (Amsterdam: [s. n.], 1968).

انظر حول هذا الموضوع: Julius Ruska, *Studien zu den Chemisch - technischen Rezeptsammlungen des Liber Sacerdotum* (Berlin: [n. pb.], 1936).

إن التصحيحات والوصفات الإضافية، التي تأتي فيما بعد في المخطوطة نفسها، قد نشرت على يد:

J. Corbett, *Catalogue des manuscrits alchimiques latins* (Bruxelles: [s. n.], 1939), vol. 1, pp. 294 - 309.

(٢٣) انظر: Michael Scot, «The Texts of Michael Scot's Ars Alchimiæ,» edited by S. Harrison Thompson, *Osiris,* vol. 5 (1938), p. 527, no. 50.

«وكذلك، كتاب آخر مكتوب شعراً بعنوان *Mappa clavicule*، مترجم على يد روبير من العربية إلى اللاتينية. وهو يبدأ: «في البداية ابحثوا عن ملكوت الله وستعطون كل شيء»». يـرى شـتـايـنـشـنـايـدر (Steinschneider) أن المتـرجـم Robertus هـو Robert de Ketton أو Chester (de Retines) رئيس شمامسة Pampelune[٢٤].

إن مخطوطة الأخ الدومينيكي قد ضاعت، لكن شيپرجس (H. Schipperges) قد وجد النص ثانية في مخطوطة .Trier Stadtbibl, 1024/1936, s.XV. fol. 163ra[٢٥]، حيث يرد مع مؤلف قصير عن الألوان وامتزاجاتها، وهو بعنوان *Incipit mappae clavicula*. أما المفردات الواردة في هذا النص فتعود إلى عصر متأخر وتتضمن كلمات ذات أصل عربي (lazurium, matizare). والنص يقع في رأس مخطوطة Phillips Corning من *Mappæ Clavicula*، قبل التمهيد الأولي. وتسبقه قصيدة قصيرة من سبعة أبيات، ترجمتها: «شيئاً فشيئاً، جزءاً بعد جزء، تكْتسب جميع الفنون. إعداد الألوان يسبق فن الرسامين. ثم، فلتوجه روحكم عناياتها نحو الامتزاجات. إذن، أمضوا إلى الصنعة، لكن أخضعوا كل شيء إلى الصرامة، لكي يكون ما ترسمونه مزيناً، وكأنه طبيعي. ثم، بشواهد عديدة من البراعة، يكبِّر الفن العمل، كما سيبين ذلك هذا الكتاب».

اعتبرت هذه الأبيات السبعة بشكل خاطئ كتمهيد يعود إلى تيوفيل. لكن هذه القصيدة، في الواقع، قد دست في مخطوطتين لتيوفيل. الأولى هي BL Egerton 840 A (*olim* Cambridge Trinity Ms R 15 5) ومنها أخذ راسپ (Raspe) التمهيد لطبعته. والثانية هي: BN 6741 (مخطوطة Jean le Bègue). ومن جهة أخرى، فقد تم دس مقاطع أخرى من *Mappae Clavicula* في هاتين المخطوطتين[٢٦].

ثانياً: الترجمات

نـقـف مـع روبـير دو شـسـتـر (Robert de Chester) عـلى أرض أكـثـر صـلابـة مـن الـتـرجـمـات الحقيقية. وقد تم الإقرار بشكل عام بأن ترجمته اللاتينية لـ مريانوس

(٢٤) Steinschneider, *Die Europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts*, vol. 1, p. 72, d, and vol. 2, pp. 81 and 107.

(٢٥) انـظـر: Heinrich Schipperges, *Die Assimilation der Arabischen Medizin durch das Lateinische Mittelalter*, Sudhoffs Archiv; 3 (Wiesbaden: Franz Steiner, 1964), p. 152, and C. E. Ploss [et al.], *Alchimie, Ideologie und Technologie* (München: [s. n.], 1970); traduction française par G. Brilli, *L'Alchimie, histoire - technologie - pratique* (Paris: [s. n.], 1972), p. 83.

(٢٦) انظر: Theophilus, *The Various Arts (De Diversis Atribus)*, pp. lxvii- lxviii.

(Morienus)[27] تعود إلى ١١ شباط من العام ١١٨٢. إن الأصل العربي لهذا المؤلف ضائع وهو يروي بالتفصيل، التدريب الذي تلقاه خالد بن يزيد في الخيمياء، على يد الراهب مريانوس، تلميذ إتيان الإسكندري (Etienne d'Alexandrie)[28]. إن صحة الرواية كانت موضوع جدال حاد، على الرغم من أنها تتفق بشكل معقول مع ما نعرفه عن إتيان وعن زمانه[29]. حتى أن روسكا (J. Ruska) يثير الشكوك حول تاريخ الترجمة نفسها[30]. لكن في الواقع، ليس هناك من سبب لرفض ما تبينه عناوين وتوضيحات ترد في مخطوطات جيدة[31]. أما مقدمة المترجم فتروي أسطورة الهرامسة الثلاثة أي أخنوخ ونوح وهرمس العظيم ثلاثاً، وتعلن أن العمل هو صنف جديد، كما تعتذر عن الإشكالات الحاصلة في ترجمته. إلا أن هذا الأمر لا يشكل حجة لرفض نسبة الترجمة إلى روبرت. ففي الواقع، وعلى الرغم من أنه كان قد ترجم القرآن لبيار الموقّر (Pierre le Vénérable) في السنة التي سبقت ترجمته لمريانوس ، فإن النصوص الخيميائية بمقدورها أن تطرح عليه معضلات غير متوقعة. نضيف كذلك، أن هذه المقدمة هي نص متحرك. وقد بين لي ستافنهاجن (Lee Stavenhagen) أن لها نسخة قصيرة هي، بوجه الاحتمال، قديمة جداً[32]. وقد انتقلت

---

(٢٧) انظر: «Morienus,» in: Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa*, p. 519: «Explicit liber alchymiæ de arabico in latinum translatus anno millesimo centesimo octuagesimo secondo, in mense februario et in ejus die undecimo».

وحول روبير وعالم المترجمين، انظر الطرح الممتاز للمسألة، في: C. S. F. Burnett, *Hermann of Carinthia, De essentiis: A Critical Edition with Translation and Commentary* (Leiden; Köln: [n. pb.], 1982).

(٢٨) انظر: Julius Ruska, *Arabische Alchemisten* (Heidelberg: C. Winter, 1924-), part 1: *Chālid Ibn Jazīd Ibn Mu'āwiya*, and Manfred Ullmann, «Ḫālid Ibn Yazīd und die Alchemie: Eine Legende,» *Der Islam*, Bd. 55 (1978), pp. 182 - 218.

يستند العمل الأخير هذا بشكل أساسي إلى حجج *a silentio*.

(٢٩) انظر: R. Reitzenstein, «Alchemistische Lehrschriften und Märchen bei den Arabern,» *R. G. V. V.*, Bd. 19 (1923), pp. 66 - 75;

مع نقد: Julius Ruska, «Methods of Research in the History of Chemistry,» *Ambix*, vol. 1 (1937), pp. 21-29 and especially p. 27.

(٣٠) انظر: Julius Ruska, «Zwei Bücher de Compositione Alchemiæ und ihre Vorreden,» *Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik*, Bd. 11 (1928), pp. 28 - 37.

(٣١) L. Stavenhagen, «The Original Text of the Latin Morienus,» *Ambix*, vol. 17 (1970), pp. 1 - 12.

(٣٢) انظر: «Morienus,» p. 509: «Cum et hoc genus docendi in hujus libri divini =

هذه المقدمة من مريانوس إلى نصوص أخرى، وبخاصة إلى كتابة مزيفة تنجيمية من القرن الثاني عشر، بعنوان: *Liber mercurii triplicis de VI rerum principiis*.

نلحظ في المقدمة المذكورة تمييزاً للخيمياء[٣٣] كصنف حديث (novitas): «إن هذا الكتاب يحمل عنواناً حول تركيب الخيمياء. وبما أن عالمكم اللاتيني لا يعرف حتى الآن ما هي الخيمياء، وما هو تركيبها، فسأوضح الأمر في هذا الخطاب. لقد أوردت هذه الكلمة، على الرغم من أنها غير معروفة وغير متوقعة، لكي تتوضح بتعريف. فالفيلسوف هرمس وخلفاؤه يعرِّفون هذه اللفظة على الشكل التالي، وعلى سبيل المثال في كتاب **تحويل المواد**: الخيمياء هي مادة جسمانية مأخوذة من الواحد ومركبة بالواحد، وتجمع فيما بين المواد الأثمن وذلك بالتآلف والفعل، وتحولها بشكل طبيعي ومن خلال المزيج الطبيعي نفسه إلى مواد أفضل. ما قلناه سيتوضح فيما بعد، حيث سنعالج بالتفصيل تركيبها»[٣٤]. غالباً ما تعني كلمة خيمياء الحجر، أي العامل الوسيط المحول. وتكشف المقدمة معرفة بنصوص أخرى. لذلك، يبدو أن ترجمات سابقة كانت قد وجدت. فعلى سبيل المثال، إن التأمل حول الواحد (ex uno et per unum) يوحي إلينا بلوح الزمرد Table d'émeraude.

نحن نعرف أن Table d'émeraude، هو نص روحاني قصير، شرحته أجيال الخيميائيين بورع وذلك حتى القرن الثامن عشر. وهو ينتمي في الأصل إلى كتاب **سر الخلق** *(Livre des secrets de la créature)* لبليناس[٣٥] (أبولونيوس الطياني، Appolonios de Tyane). والمؤلف الأخير هذا هو موسوعة في علم الكونيات، وتاريخه قد يعود إلى القرن السابع[٣٦]. وقد ترجم كاملاً على يد هوغ دو سانتالا (Hugues de Santalla)، الذي عمل

---

translatione non suscepimus, nec etiam nostri ingenii tenuitas aut studium vel scribendi negotium, vobis ad hoc explicandum possint sufficere. Sed idcirco eius nomen (sc. Hermetis) in huius libri prologo introduximus quoniam iam ille hunc librum primus invenit et edidit. His est namque liber divinus, et divinitate plenissimus (...). Si quis namque in hoc libro multum studueri et eum plenarie intellexerit, veritas virtusque testamenti nec non et utriusque vitæ modus, et sufficienter illum latere non potuerunt (...). Sed nos, licet in nobis juvene sit ingenium et latinitas permodica, hoc tamen tantum ac tam magnum opus ad transferendum de arabico in latinum suscepimus. Nomen autem meum in principio prologi taceri non placuit, ne aliquis hunc nostrum laborem sibi assumeret, et etiam ejus laudem et meritum sibi quasi proprium vindicaret». =

(٣٣) انظر: T. Silverstein, «Liber Hermetis Mercurii Triplicis de VI rerum principiis,» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge,* vol. 22 (1955), pp. 217 - 301.

(٣٤) انظر: «Morienus,» p. 509.

(٣٥) هكذا أسماه العرب القدامى.

(٣٦) انظر حول هذا الموضوع: Ursula Weisser, *Das Buch über das Geheimnis der Schöpfung* =

في ترازونا (Tarazona) من العام ١١٤٥ إلى العام ١١٥١ م، أي في الفترة نفسها التي عمل فيها روبير[٣٧]. هناك ترجمة أخرى استخدمها ألبير الكبير وأرنو دو ڤيل نوڤ (Arnaud de Ville Neuve)، وقد نشرها دوروثي والي سنجر (Dorothee Waley Singer) وروبير ستيل (Robert Steel)[٣٨]. ففي هذه النسخة يشكل Table جزءاً من مؤلف عقيدي، منسوب إلى هرمس، وهو بشكل واضح أقرب إلى العربية ومليء بكلماتها المنقولة حرفياً. ويبدو أن هذه الترجمة قد وضعت منفردة بعيدة عن غيرها، كما كان المؤلف مدركاً أنه يقوم بعمل رائد.

Quaniam de opere philosophorum doctissimi desudaverunt, potius tractare disposuimus atque ab omni latinitate intractata quam maris alti natantes, singulariter pelagus investigare censuimus.

«بما أن أكثر الناس علماً قد ظهروا من خلال عمل الفلاسفة، لذلك عزمنا على أن نخوض مجالاً، لم يسبق للعالم اللاتيني بأسره أن خاضه، وكالسابحين في المد، صممنا أن نستكشف فقط عرْض البحر الكبير».

ينسب الناشرون، لكن مع التشكيك، الترجمة إلى أفلاطون التيڤولي (Platon de Tivoli)، إلا أن الترجمة تأتي متْبعةً بشرح لـ Table بعنوان:

Expositio verborum Hermetis magistri philosophorum secundum veritatem nostram,

وهي بوضوح، كتابة تعود لمسيحي[٣٩]. إن إحدى المخطوطات الجيدة لهذه الترجمة Oxford Bodleian Digby 119, fol. 197 (من القرن الرابع عشر وأصلها من فرنسا الجنوبية) تضيف التوضيح التالي: hic est editio verborum Hermetis juxta rationem Massiliensium.، وهذا

---

von Pseudo - Apollonius von Tyana, Ars Medica; III (Berlin; New York: Walter de Gruyter, = 1980), مع المراجع التي يتضمنها.

(٣٧) الترجمة محفوظة في: BN lat. 13951 (s. XII), فقط مقاطع فيها نشرت على يد: M. F. Nau, «Une ancienne traduction latine du Bélinous arabe (Apollonius de Tyane),» *Revue de l'orient chrétien*, vol. 12, no. 2 (1908), pp. 99 - 106.

وحول المترجم، انظر: C. S. F. Burnett, «A Group of Arabic - Latin Translators Working in Northern Spain in the Mid - 12th Century,» *Journal of the Royal Asiatic Society* (1977), pp. 62-108 and especially pp. 62 - 76.

(٣٨) انظر: R. Steele and D. W. Singer, «The Emerald Table,» *Proceedings of the Royal Society of Medicine, Section of the History of Medicine,* vol. 21 (1927), pp. 485 - 501.

(٣٩) انظر: المصدر نفسه، ص ٤٩٨، السطران ٢٠ ـ ٢١: «Potens namque Spiritus Sanctus qui dividit singulis prout vult, in verba eadem interpretanda, intellectum faciliorem in minoribus tribuens».

ما لا معنى له. لكن إذا كانت كلمة rationem هي قراءة للاختزال المتمثل بالحرف r، فإن التصحيح R (aymundum) Massiliensem يسمح بتحديد اسم ريمون المارسيلي (Raymond de Marseille). كما تجدر الإضافة، أن جزءاً من هذا المؤلف يرد أحياناً بعنوان *Liber de roberto*(٤٠).

كان جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone) قد ترجم ثلاثة أعمال في الخيمياء(٤١)، وذلك وفقاً لـ la vita الذي حرره تلامذة جيرار. والأول هو بعنوان *Liber divinitatis de LXX*، مما يطابق عنوان أول كتاب من عمل جابر بن حيان **الكتب السبعون**. لكن الأمر في الواقع، يتعلق بمؤلف واحد، إذ إن كل كتاب هو مختصر جداً، ويشكل بالأحرى فصلاً يملك عنواناً مستقلاً. وعلى الرغم من المجادلات حول الكاتب وأعماله، فإن مؤلفه **الكتب السبعون** هو بلا ريب الأكثر حظاً لتمثيل الفكر الحقيقي لجابر (القرن الثامن)(٤٢). وهذا المؤلف هو، من بين جميع الترجمات الخيميائية، الأكثر غموضاً على الأرجح. ففيه يطبق جابر مبدأ بعثرة العلم. وهو لا يشرح أبداً أفكاره بالتفصيل، بل يجمع دون أي رابط العديد من المواضيع، التي يستعيدها عدة مرات. أما نشرة برثلو BN lat 7156, fol. 66 va sq فهي تعطي نصاً غير كامل(٤٣). حتى ولو أكملنا هذه المخطوطة بغيرها من المخطوطات التي هي أفضل منها وبخاصة Palerme, 4⁰ Qq A 10 fols. 161 - 192، فإن

---

(٤٠) Dorothea Waley Singer, *Catalogue of Latin and Vernacular Alchemical Manuscripts in Great Britain and Ireland, dating from before the XVI Century* (Bruxelles: M. Lamertin, 1928 - 1931), vol. 1, p. 25 (Cambridge University Library L1 - III - 17 folios, 115 - 134ᵛ).

(٤١) انظر: K. Sudho, «Die Kurze *Vita* und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona,» *Archiv für Geschichte der Medizin*, Bd. 8 (1914), p. 79.

(٤٢) هناك نشرة جزئية للنص العربي في: جابر بن حيان، **مختارات رسائل جابر بن حيان**، عني بتصحيحها ونشرها پول كراوس (القاهرة: الخانجي، [١٩٣٥])؛ انظر الترجمة الفرنسية، في: Jābir Ibn Ḥayyān, *Dix traités d'alchimie: Les Dix premiers traités du «Livre des soixante - dix»*, présenté, traduit de l'arabe et commenté par Pierre Lory, la bibliothèque de l'Islam (Paris: Sindbad, 1983).

الدراسة الأساسية هي لـ: Paul Kraus, *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam*, mémoires de l'institut d'Egypte; t. 44 - 45, 2 vols. (Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archéologie orientale, 1942 - 1943), réimprimé du vol. 2 (Paris: Les Belles lettres, 1988).

مع مراجع أكثر حداثة لـ: Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, vol. 4, pp. 14 - 16.

(٤٣) انظر: Berthelot, «Adelard de Bath et la *Mappæ Clavicula (Clef de la peinture)*,» réimprimé dans: *Archéologie et histoire des sciences*, pp. 310 - 363: «Liber de septuaginta translatus a magistro renaldo cremonensi de lapide animali».

النص يبقى شديد الغموض. وقد بذل المترجم أقصى جهده لإيصال كلمات المعلم، لكن دون أن يحيط بفكره. كذلك، وعلى الرغم من السحر الحقيقي الذي يمارسه جابر على الخيميائيين اللاتينيين، فإن البعض فقط من اختباراته وأفكاره، ودائماً هي نفسها، أضحى لها تلامذتها. هناك، إذن، العديد من المخطوطات التي لا تحتوي إلا على عدد معين من الكتب، وهي مصنفة في ترتيبات متنوعة. يضاف إلى هذا، أن جابر قد مارس تأثيره من خلال أعمال أخرى، مثل *les aluns et les sels*[٤٤] و*De perfecto magisterio*. وأخيراً، وبجانب *Septuaginta*، يجب أن نفرد مكاناً لـ *liber misericordiae* **(كتاب الرحمة)** الذي لا نعرف تاريخ ترجمته[٤٥]، وكذلك لمؤلفات أخرى صغيرة[٤٦].

إن ترجمة جيرار الثانية، *De aluminibus et salibus*، بخلاف الأولى، هي إيجابية. والأصل العربي محفوظ[٤٧]. وقد تمت كتابته في إسبانيا بالاعتماد على مواد جابرية، لكن في إطار فكر الرازي. إنه تصنيف مدقق للشبوب (كبريتات) وللأملاح، مع وصف للعمليات المتعلقة بها. وقد مارس هذا العمل تأثيراً حاسماً في الجانب التطبيقي كله من الخيمياء اللاتينية، وبشكل أعم في علم المعادن[٤٨]، وذلك من خلال نسختيه G وP ومن خلال تعديلاته (مثل *Liber claritatis*)[٤٩].

أما بالنسبة إلى آخر عمل خيميائي، *Liber luminis luminum*[٥٠]، فمن الصعب التحقق من هويته، لأن العنوان شائع للغاية[٥١]. ووفقاً لريتشارد لوماي (Richard Lemay)، فإن الأمر يتعلق بمؤلف *Cum de Sublimiori* (Tk 290)، الذي ما زال ينسب إلى الرازي أو

---

(٤٤) الشبوب والأملاح.

(٤٥) E. Darmstaedter, «*Liber misericordiæ Geber*. Eine Lateinische Übersetzung des Grösseren *Kitāb al-raḥma*,» *Archiv für Geschichte der Medizin*, Bd. 17 (1925), pp. 181 - 197.

(٤٦) تحت الطبع على يد م. وليام نيومان (M. William Newman).

(٤٧) انظر: Julius Ruska, *Das Buch der Alaune und Salze* (Berlin: Verlag Chemie, 1935).

(٤٨) استخدم ڤنسنت دو بوڤيه هذا العمل مع أعمال أخرى في: Vincent de Beauvais, *Speculum Naturale*, vol. 7, pp. 38, 54, 62... etc.

(٤٩) انظر: E. Darmstaedter, «Liber claritatis,» *Archivo di Storia della Scienza:* vol. 6 (1925), pp. 319 - 330; vol. 7 (1926), pp. 257 - 265; vol. 8 (1927), pp. 95 - 103 and 214 - 226, and vol. 9 (1928), pp. 61 - 80, 191 - 208 and 462 - 482.

(٥٠) انظر: Sudhoff, «Die Kurze *Vita* und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona,» p. 79, no. 67.

(٥١) هناك على سبيل المثال *Lumen luminum ex libris medicorum*، الذي ينسب إلى الرازي (TK 833)، كذلك *Lumen luminum* للأخ ايلي دو كورتون (Elie de Cortone) (TK 732)، وآخر لميشال سكوت (Incipit *Cum rimarer*, TK 336)، انظر لاحقاً.

إلى أرسطو(٥٢). إنها نظرية في السحر تستخدم الـ *Septuaginta*. أما مخطوطة Kues، فتقدمه كترجمة لريمون المارسيلي(٥٣) (Raymond de Marseille). وأخيراً هناك مؤلف كلاسيكي كبير في الخيمياء، *De perfecto magisterio*، وهو أرسطي ـ زائف، ونحن لسنا على يقين من أنه ترجمة. وهو يحيلنا إلى *Lumen luminum* وكأن المؤلفين المذكورين يعودان إلى الكاتب نفسه(٥٤). ففي مخطوطة باريس BN lat 6514، نرى *De perfecto magisterio* نفسه تحت عنوان *Lumen luminis* و*Perfecti magisterii* (fol. 120 a)، كما يسمى في التوضيح *Liber minoris translationis*. إلا أن الفصل في هذه المسألة يجب أن يعود إلى نشرة نقدية. إن *De perfecto magisterio* هو مؤلف ضخم مبني على *Météores* أرسطو، ويتألف من أربعة أجزاء تقدم نظرية العناصر، ونظرية المعادن وتوليدها، والتطبيق للحصول على المستحضرات، ونظرية فصل وتركيب الإكسيرات(٥٥).

نحن لم نحل لأجل هذا الأمر مسألة تشابك الترجمات التي يمكن نسبتها إلى جيرار دو كريمون. فالموسوعي أرنولد دو ساكس (Arnold de Sax) (النصف الأول من القرن الثالث عشر)(٥٦)، ومن بعده ألبير الكبير(٥٧) يذكران مؤلفاً لأرسطو عن الأحجار (Lapidaire) واسمه *Secundum translationem Gerardi*. إن هذا المؤلف، الذي حفظ نصه العربي، هو سليل مزيف للمدارس الطبية في سوريا وفي بلاد فارس في القرن السابع. وقد تم إغناؤه بشكل واسع بعناصر خيميائية في الترجمة اللاتينية للرازي(٥٨). وقد حفظت هذه الترجمة المغفلة في مخطوطتي لياج (Liège 77) ومونبوليه (Montpellier 277). والحال أن المقاطع التي

---

(٥٢) على سبيل المثال: BN lat. 6514, folios 113 - 120ᵛ: «Liber Raxis qui dicitur lumen luminum magnum».

(٥٣) Kues 299, folio 69ᵛ: «Explicit tehotorica occultorum ramundi civis massiliensis a caldeo in latinum translata».

(٥٤) «De perfecto magisterio,» in: Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa,* p. 369: «Secundum quod in quodam opere meo habetur, quod Lumen luminum inscribitur».

(٥٥) تجدر الإشارة الى أن روسكا يرجع تاريخه إلى القرن الثالث عشر. لكن يتعلق الأمر بآخر شكل للنص الذي لم يتوقف عن التطور، انظر: Julius Ruska, «Pseudoepigraphische Rasis - Schriften,» *Osiris,* vol. 7 (1939), p. 45.

(٥٦) انظر: Arnold de Saxe, *De Finibus Rerum Naturalium,* edited by Emil Stange, *Die Encyclopädie des Arnoldus Saxo* (Erfurt: [n. pb.], 1905 - 1906).

الفصول التي أخذت من Lapidaire نشرها: V. Rose, «Aristoteles de Lapidibus und Arnoldus Saxo,» *Zeitschrift für Deutsches Altertum,* Bd. 18, no. 6 (1875), pp. 425 - 426, paragraphs 20 - 27.

(٥٧) انظر: Robert Halleux, «Albert le Grand et l'alchimie,» *Revue des sciences philosophiques et théologiques,* vol. 66 (1982), pp. 57 - 80.

(٥٨) انظر: Julius Ruska, *Das Steinbuch des Aristoteles* (Heidelberg: C. Winter, 1912).

ذكرها الموسوعيان، ولا سيما الوصف المهم للبوصلة، لا ترد في المخطوطتين. ومن جهة أخرى لا يذكر la vita أي ترجمة من هذا الصنف(٥٩).

يضاف إلى بعض هذه الحالات، المعروفة ظاهراً بشكل جيد، العديد من الترجمات المغفلة التي لا بد أنها صدرت عن الدائرة الثقافية نفسها. فقد كانت الخيمياء جزءاً مهماً من مجموع العقيدة التي كانت تنتقل إلى الغرب في ذلك العصر. وهكذا، فإن مخطوطة برلين Staatsbibliothek R 956 (MS lat fol. 307)، التي نسخت في فرنسا في النصف الثاني من القرن الثاني عشر والتي تضم ترجمات لأعمال فلكية ورياضية(٦٠)، تقدم أيضاً في fol. 21 b خيمياء *alchamia* تشكل تطبيقاً مثيراً للاهتمام مبنياً على تحلل المواد العضوية (البيض)(٦١). أما المصدر العربي فلم يتم التحقق من هويته، على الرغم من أن بعض العمليات توحي بالرازي. كما أن هناك شرحاً يذكره الخيميائي العربي أرتفيوس (Artéphius)(٦٢).

إن بياناً كاملاً بالترجمات، في هذه الظروف وحتى هذه اللحظة، هو غير متوفر للباحثين. فبعض المخطوطات، مثل *Riccardianus 933*، تقدم نصوصاً تزخر بكثافة عالية من الكلمات العربية التي، ببساطة، تم نقلها بشكل حرفي. كما يفترض أن هناك ترجمات، لم يتم التحقق من هويتها حتى الآن. إضافة إلى أن غزارة المصطلحات العربية غير المترجمة تشكل، فضلاً عن ذلك، معياراً فعالاً لتعيين تاريخ هذه الأعمال.

ومهما يكن من أمر، فإننا نستطيع الاعتقاد، أن أغلب الأعمال قد تم استيعابها في العقود الأولى من القرن الثالث عشر، إذ إن كتابات ألبير الكبير وروجر بيكون (Roger

(٥٩) المصدر نفسه، ص ٣٨ ـ ٤١.

(٦٠) V. Rose, «Die Handschriften - Verzeichnisse der Königlichen Bibliothek zu Berlin XIII,» *Verzeichniss der Lateinischen Handschriften*, Bd. 2, no. 3 (1905), pp. 1177 - 1184.

(٦١) W. Ganzenmüller, ed., «Eine Alchemistische Handschrift aus der Zweiten Hälfte des XII. Jahrhunderts,» *Sudhoffs Archiv*, Bd. 39 (1955), reprinted in: *Beiträge zur Geschichte der Technologie und der Alchemie* (Weinheim: [n. pb.], 1956).

(٦٢) لم نجده في الكتابات اللاتينية المتداولة تحت اسم أرتفيوس. إن هذه الشخصية، التي يثمنها بقوة روجر بيكون (Roger Bacon)، قد تم تحديد هويتها، دون ترو، وكأنها الوزير والخيميائي الطغرائي (١٠٦٠ ـ ١١٢٠). انظر: E. Chevreul, «Du traité alchimique d'Artéfius,» *Journal des savants* (1867), pp. 767 - 784, and (1868), pp. 45 - 59, 153 - 157, 209 - 224 and 644 - 655; H. D. Austin, «Artephius - Orpheus,» *Speculum*, vol. 12, no. 2 (April 1937), pp. 251 - 254, and G. Levi della Vida, «Something More about Artefius and His *Clavis Sapientiæ*,» *Speculum*, vol. 13, no. 1 (January 1938), pp. 80 - 85.

(Bacon، المبنية على معرفة خيميائية عميقة، تشهد على وجود مصنفات مترجمة وفيرة[٦٣].

ويبدو أن بعض هذه النصوص قد فقد في الوقت الحاضر كمثل **الموجز التقني** لهرمس، والذي استخدمه بشكل واسع أرنولد دو ساكس[٦٤]، والقريب من *Liber sacerdotum*. كما فقد نص لابن جلجل حول توليد المعادن، كان ألبير الكبير قد ناقشه[٦٥].

نحن لا نعرف ما إذا كانت الخيمياء تحتل مكاناً مماثلاً عند مترجمي مدينة أنجيه (Angers) في القرن الثالث عشر. أما مطابقة هوية الخيميائي إفراريوس(Efferarius Monachus) مع المترجم فرج بن سليم فهي مسألة افتراضية[٦٦].

ليس بمقدورنا القول إن المترجمين كانوا قد حددوا اختيارهم من بين المخطوطات العديدة في الخيمياء العربية. فقد ترجم هؤلاء كذلك نصوصاً تطبيقية (*Liber secretorum* للرازي[٦٧]، *De aluminibus*). كما ترجموا نصوصاً نظرية (*Liber trium verborum* لخالد)[٦٨]، ومؤلفات بفكر أرسطي (أرتفيوس، *De perfecto magisterio*)، وبفكر أفلاطوني *(Liber platonis quartorum)*[٦٩]، أو بفكر سينوي (*De anima in arte alchemiæ*[٧٠]،

---

(٦٣) إن *De anima in arte alchemiæ*، السينوي ـ الزائف، والذي استخدمه بيكون بشكل واسع، كان أحد آخر النصوص المترجمة. في الواقع، إن شرح الـ *dictio X* يحدد تاريخه العام ١٢٣٥.

(٦٤) انظر الهامش رقم (٥٦) فيما سبق.

(٦٥) Albert le Grand, *De Mineralibus*, III, 1, 4, p. 64, from the Borgnet edition.

(٦٦) إن *De lapide philosophorum* موجود في: *Theatrum Chemicum*, vol. 3, pp. 143 - 151; أما *Thesaurus philosophiæ*، ففي ص ١٥١ ـ ١٦٥. المصادر العربية عنه عديدة، لكن يبدو أنها استخدمت في ترجماتها اللاتينية. إن المؤلف الأخير هذا، يذكر ريموند (Raymond)، في ص ١٥٤.

(٦٧) انظر: Julius Ruska: «Übersetzung und Bearbeitungen von al-Razis Buch Geheimnis der Geheimnisse,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin*, Bd. 4 (1935), pp. 153 - 239, and «Al-Razi's Buch Geheimnis der Geheimnisse,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin*, Bd. 6 (1937), reprinted (1973).

(٦٨) *Artis Auriferæ, quam Chemiam Vocant* (Basel: Typis C. Waldkirchi, 1610), vol. 1, pp. 226 - 231.

أما *Liber secretorum alchemiæ* فله نموذج عربي ضائع، لا يعود تاريخه إلى ما قبل القرن الحادي عشر. انظر: *Artis Auriferæ, quam Chemian Vocant*, pp. 208-225.

(٦٩) نشرت في: *Theatrum Chemicum*, vol. 5, pp. 101 - 185.

انظر: Dorothea Waley Singer, «Alchemical Texts, Bearing the Name of Plato,» *Ambix*, vol. 2 (1946), pp. 115 - 128.

(٧٠) انظر: *Artis Chemicæ Principes, Avicenna atque Geber quorum alter numquam in lucem prodit* (Basel: [n. pb.], 1572), vol. 1, pp. 1 - 471. =

(Epistola and Hasen regem)[٧١]. كـمـا تـرجـمـوا أيـضـاً مجـمـوعـة عـقـائـد (Turba philosophorum)[٧٢]، أو أعمالاً شديدة الباطنية (Table d'émeraude، Senior Zadith أي محمد بن أميل التميمي)[٧٣].

ولم يفهم هؤلاء دائماً، ما كانوا يترجمونه، مما زاد من غموض مادة الترجمة. لذلك، فإن تفسيرات خاطئة للمترجمين سوف يتم شرحها وترميزها خلال قرون عديدة من الزمن.

وبالمقابل، لا يبدو أن أعمال المعلمين العرب في القرنين الثالث عشر والرابع عشر، أمثال العراقي[٧٤] أو أيْدمير الجلدكي (حوالى ١٣٤٢م)[٧٥] كانت موضوع ترجمات.

= وحول عدم صحة النسبة إلى المؤلف انظر الفصل الخامس والعشرين لجورج قنواتي، «الخيمياء العربية،» من هذه الموسوعة. ووفقاً لـ *dictio X*، فالمؤلف يعود إلى العام ١٠٢١.

(٧١) انظر: «Epistola ad Hasen regem,» in: *Theatrum Chimicum*, vol. 4, pp. 863 - 874,
وهو نص مهم. وقد اكتشف الأصل العربي في الهند في مخطوطة Lucknow، وقد نشره:
H. E. Stapleton [et a.], «Two Alchemical Treatises Attributed to Avicenna,» *Ambix*, vol. 10 (1962), pp. 41 - 82.
المؤلف مُهدى إلى أبي الحسن سهل، حاكم غورغنج بين الأعوام ٩٩٧ ـ ١٠١٥. وقد لاحظ روسكا تناقضات مع الرأي في **كتاب الشفاء**، الذي بمقتضاه تعتبر الخيمياء مستحيلة. انظر: Julius Ruska, «Die Alchemie des Avicenna,» *Isis*, vol. 21, no. 60 (1934), pp. 14 - 51.
ولاحظ ستابلتون (Stapleton) أن الرأي يمكن أن يعود إلى مرحلة أخرى من حياته وهو في الواقع يرتكز على المستوى نفسه من المعلومات، كما هو الأمر بالنسبة إلى الشفاء، حيث نجد النظرية نفسها عن الكبريت والزئبق، وتصنيفاً للمواد المعدنية قريب من تصنيف الرازي. وهناك يلمح إلى جدل حول إدعاءات الخيميائيين.

(٧٢) إن *Turba philosophorum* هو على الأرجح ترجمة لكتاب عثمان بن سويد الأخميمي تحت عنوان: *Livre de l'assemblée* (نحو العام ٩٠٠). بشكل خطابات يلقيها فلاسفة ما قبل سقراطيين، يسعى المؤلف إلى التوفيق بين الخيمياء والفلسفة اليونانية والإسلام. انظر: Martin Plessner, *Vorsokratische Philosophie und Griechische Alchemie in Arabisch - lateinischer Überlieferung: Studien zu Text und Inhalt der Turba Philosophorum*, Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 4 (Wiesbaden: F. Steiner, 1975).

(٧٣) عاش ابن أميل من العام ٩٠٠ إلى العام ٩٦٠. انظر: Julius Ruska: «Studien zu Muḥammad Ibn Umail,» *Isis*, vol. 24, no. 68 (1935 - 1936), pp. 310 - 342, and «Der Urtext der *Tabula Chemica*,» *Archeion*, Bd. 16 (1934), pp. 273 - 283.
وقد نشر النص: Turāb 'Alī, H. E. Stapleton and M. Hidāyat Husain, «Three Arabic Treatises on Alchemy by Muhammad Ibn Umail (10^{th} Century A.D.),» *Memoirs of the Asiatic Society of Bengal*, vol. 12, no. 1 (1933), pp. 1 - 213.

(٧٤) انظر: Eric John Holmyard, «Abū'l - Qāsim al-'Irāqī,» *Isis*, vol. 8, no. 27 (1926), pp. 405 - 426.

(٧٥) انظر: Eric John Holmyard, «Aidamir al-Jildakī,» *Iraq*, vol. 4 (1937), pp. 47 - 53.

ثالثاً: الاندماج

أصبح اللاتينيون، ومنذ بداية القرن الثالث عشر، مطلعين بشكل كاف على المعرفة الجديدة، لكي يكون بمقدورهم إعداد أعمال أصيلة. وينسب التقليد إلى ميشال سكوت (Michel Scot) (ولد قبل العام ١٢٠٠، توفي حوالى العام ١٢٣٥)(٧٦) مؤلفاً هو *Ars alchimiae*، وجدت له ثلاث نسخات شديدة الاختلاف(٧٧). إن نواة العمل، وهي على الأرجح صحيحة، تعكس تطبيقاً كان قد لقي انتشاراً واسعاً سواء في العالم الإسلامي أو في العالم المسيحي(٧٨)، وارتكز إلى حد بعيد على تجارة العطارين(٧٩). وقد أخذ ميشال سكوت من النظريات، ما هو ضروري بالضبط لإدخال مجموعة وصفات، تابعة بشكل واسع لـ *De aluminibus et Salibus*. إن كتابه *Liber Dedali philosophi*، المسمى أيضاً *Lumen Luminum* (ومن ضمنه *cum rimarer*) يستثمر المواد نفسها إلى درجة يستطيع معها أن يظهر كنسخة أخرى للعمل الأول نفسه(٨٠). كما يبدي ميشال سكوت اهتماماً بالحد من التناقضات والغموض في النصوص القديمة(٨١). وقد أصبح هذا الاهتمام ثابتاً عند اللاتينيين. وهنا نضع يدنا على المسألة الكبرى التي طرحتها الخيمياء العربية أمام الغرب.

وقد بين شيارا كريسياني (Chiara Crisciani) بشكل واضح، أن الخيمياء العربية تمثل بالنسبة إلى الغرب في القرون الوسطى شيئاً جديداً (novitas) ضخماً بوعوده وتوعداته(٨٢). فتطبيقاتها، على ما يبدو، تستطيع، أن تلعب دوراً في التطور التكنولوجي. ونظرياتها تفيد

---

(٧٦) انظر: L. Minio Paluello, «Scot, Michael,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 9, pp. 361 - 365,
حيث لا يعارض صحة العمل.

(٧٧) انظر: Scot, «The Texts of Michael Scot's Ars Alchimiæ,» pp. 523 - 559.

(٧٨) المصدر نفسه، ص ٥٣٣، ٥٣٩، ٥٤٠، ٥٤٤ و٥٥٦. يجب إضافة الصفحات ٥٣٩ و٥٤٢، إن «frère Elie» يمكن أن يكون Elie de Cortone خلف François d'Assise، وص ٥٤٤ وهناك ذكر لليهودي «magister Jacobus» الذي يمكن أن يكون المترجم Jacob Anatoli.

(٧٩) المصدر نفسه، ص ٥٣٣ وما يليها: «Les Apothicaires de Montpellier».

(٨٠) نشر النصان بشكل متواز على يد: J. Wood Brown, *An Enquiry into the Life and Legend of Michael Scot* (Edinburgh: [n. pb.], 1897), pp. 240 - 269.
إن مصدراً هو *Liber dabesi*، يصف احتراق وتحلل المواد العضوية، يبدو خاصاً بـ *Liber dedali*.

(٨١) انظر: Scot, Ibid., p. 532: «Cum animadverterem nobilem scientiam apud latinos penitus denegatam vidi neminem ad perfectionem venire propter confusionem que in libris philosophorum reperitur».

(٨٢) انظر: C. Crisciani, «La *Quæstio de alchimia* fra duecento e trecento,» *Medioevo,* vol. 2 (1976), pp. 119 - 168.

في استكمال المعرفة عن عالم المواد المعدنية. ففي الواقع، كان الغرب لا يملك حول المواد المعدنية إلا مجموعة الوصف العائدة إلى پلين (Pline) وإيزيدور (Isidore)، والمعلومات المرتبطة بالصيدلة الواردة في كتب الأعشاب، والتطبيقات السحرية الموجودة في كتب الأحجار[٨٣]. وبالمقابل، فإن توكيد الطابع الإلهي، السري والمنزل، والتخطيطات اللغوية التي تنتج عن هذا التوكيد، تشكل جميعها عقبة جلية أمام اندماج المعرفة الجديدة.

وقد طرحت المسألة في أوساط المترجمين أنفسهم. ففي العام ١١٤٣م، أدخل هرمان الكورنثي (Hermann de Carinthie)، وهو صديق لروبير دو كيتون (Robert de Ketton)، عناصر خيميائية في فصل علم الكونيات من مؤلفه *de essentiis*[٨٤]. ومن بين هذه العناصر، الفكرة التي مفادها أن المعادن تنتج بواسطة البذار[٨٥]، وكذلك الفكرة التي تقول إن ألوان المواد المعدنية والخصائص الفيزيو - كيميائية للمعادن تصدر عن الكواكب التي تشرف على توليدها[٨٦]. إن هذه الأفكار عامة جداً، بشكل يستحيل معه أن ننسبها إلى مصدر معين. وعلى أي حال، فإن هرمان يعرف كتاب أبولونيوس في الترجمة التي وضعها صديقه هوغ دو سانتالا. فهو يذكر خبر اكتشاف لوح الزمرد (Table d'émeraude)[٨٧] وعبارة من هذا النص الروحاني[٨٨].

وفي طليطلة جعل غونديزالڤو (Gundisalvo) في مؤلفه *De divisione philosophiae*، الخيمياء واحداً من العلوم الثمانية التابعة لعلم *scientia naturalis*، الذي هو بدوره واحد من الفروع الثلاثة للعلم النظري[٨٩]. فهو يقول، إذن، إن العلم الطبيعي عام، لأن ثمانية علوم تقع ضمنه. وهي: علم الطب، وعلم الأحكام (التنجيم القضائي)، وعلم استحضار الأرواح وفقاً للطبيعة، وعلم الملاحة، وعلم المرايا، وعلم الخيمياء، التي هي علم تحويل الأشياء إلى أصناف أخرى؛ وهذه هي الأجزاء الثمانية للعلم الطبيعي. بعد ذلك، وعندما يحلل النظام المنطقي للمدونة الأرسطية وفقاً للفارابي[٩٠]، نراه يعلن أن عالم المواد المعدنية

---

(٨٣) حول طبيعة هذا الصنف من الكتابة، انظر: Robert Halleux et J. Schamp, *Les Lapidaires grecs* (Paris: [s. n.], 1985).

(٨٤) انظر: Burnett, *Hermann of Carinthia, De essentiis: A Critical Edition with Translation and Commentary*, p. 37.

(٨٥) المصدر نفسه، ص 75ᵛ F, 76ʳ A.

(٨٦) المصدر نفسه، ص 75ᵛ F, 75ᵛ H.

(٨٧) المصدر نفسه، ص 72ᵛ DE.

(٨٨) المصدر نفسه، ص 65ᵛ C.

(٨٩) انظر: Gundissalinus, «De divisione philosophiae,» edited by L. Baur, *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster), Bd. 4 (1903), p. 20.

(٩٠) انظر: أبو نصر محمد بن محمد الفارابي، **إحصاء العلوم**، حققها وقدم لها عثمان أمين، ط ٣ (القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦٨)، ص ٣٢. انظر النسخة المترجمة، في: =

ليس من اختصاص الخيمياء». .

«إن الجزء السادس هو تدقيق لما هو مشترك بين الأجسام المركبة من أجسام متشابهة (متماثلة الأجزاء)، التي ليست أجزاء مركب بأجزاء متنوعة (مختلفة الأجزاء)، وهذه هي الأجسام المعدنية (المعادن) وأصناف المواد المعدنية، والجزء السادس هو من جهة أخرى تدقيق بما هو خاص بكل واحد من أصنافها، وتتم دراسة هذا الأمر في الكتاب الذي يحمل عنوان **المواد المعدنية**. إن *De mineris* هو نص صغير لابن سينا، وسندرس لاحقاً دوره في التقليد اللاتيني. وفي ذلك الربع الأخير من القرن الثاني عشر، يستعيد دانيال دو مورلي (Daniel de Morley) من غونديزالڤو (Gundisalvo) تعداد العلوم الثمانية الخاصة، مع إغنائها بأمثلة، لكن من أجل أن يجعل منها الأجزاء الثمانية لعلم الفلك، أي للتنجيم(٩١). إن هذا الدمج له ما يبرره، في حال الخيمياء، إذ إن *De perfecto magisterio* يحددها كـ «فلك سفلي»(٩٢). ويبدو أن دانيال كان يعرف مؤلفاً خيميائياً بعنوان *Lumen luminum*(٩٣).

إن المسألة الأكبر بالنسبة إلى الخيمياء العربية ـ اللاتينية سيكون توافقها مع أرسطو. ففي نهاية الكتاب الثالث من *Météorologiques*، يعد أرسطو بعرض مفصل حول المعادن والمواد المعدنية، إلا أن هذه الخطة لم تنفذ في الكتاب الرابع. وهو المؤلف المستقل في الأصل، والمضاف إلى *Météorologiques* من خلال التقليد اليوناني. أما كتابات تيوفراست (Théophraste)، التي تسد الثغرة، فبقيت غير معروفة من اللاتينيين في القرون الوسطى. وقد ترجم الكتاب الرابع من اليونانية العام ١١٥٦ م على يد هنري أريستيب (Henri Aristippe)، رئيس شمامسة كاتانية (Catane)(٩٤). وفي العقود اللاحقة، وضع جيرار دو

Catálogo de las ciencias, edited and translated by Angel González Palencia (Madrid; Granada: = [n. pb.], 1932); 2nd ed. (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Patronato Menéndez y Pelayo, Instituto Miguel Asín, 1953).

(٩١) انظر: Daniel de Morley, *Liber de naturis inferiorum et superiorum*, reprinted in: G. Maurach, «Daniel von Morley *Philosophia,*» *Mittellateinisches Jahrbuch*, Bd. 13 (1979), 158, p. 239 of the Maurach edition.

(٩٢) انظر: Pseudo - Aristote, «De perfecto magisterio,» in: Manget, *Bibliotheca Chemica Curiosa*, p. 638: «Scias præterea hanc artem vocari inferiorem astronomiam, et superiori primæ est comparativa».

(٩٣) انظر: Morley, Ibid., p. 230: «Licet enim philosophus in libro luminum aquam albidam nominaverit, non tamen nisi aquam elementatam intelligere dedit, et maluit forte in hoc a vulgo intelligi quam ipsam philosophiam imitari».

إن تقطير الماء البيضاء موجود في: Pseudo - Aristote, «De perfecto magisterio,», p. 649.

(٩٤) حول هذا المترجم المتوفى في العام ١١٦٢، انظر: F. H. Fobes, «Medieval Versions of Aristotle's *Meteorologica,*» *Classical Philology*, vol. 10 (1915), pp. 297 - 314; Charles Homer =

كريمون باللاتينية الترجمة العربية ليحيى بن بطريق، إلا أنه توقف عند بداية الكتاب الرابع(٩٥). ونحو العام ١٢٠٠ م، فإن ألفرد الإنكليزي (Alfred l'Anglais)، وهو أول شارح لـ *Météorologiques*(٩٦)، قد شعر بنواقص النص، لذلك أضاف في ختام *Météorologiques* ثلاثة فصول بعنوان *De mineralibus*، وسترافق هذه الفصول مؤلف أرسطو المذكور في جميع مخطوطات *translatio vetus* وستمضي وصولاً إلى القرن السادس عشر، لتمثل فكر ستاجيريت (le Stagirite) نفسه(٩٧).

إن هذه الفصول هي ترجمة مختصرة لمقطع من كتاب **الشفاء** لابن سينا(٩٨). وهي

Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*, 2nd ed. (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1927), reprinted (New York: Ungar Pub. Co., 1960), and L. Minio Paluello, «Henri Aristippe, Guillaume de Moerbeke et les traductions latines médiévales des *Météorologiques* et du *De generatione et corruptione* d'Aristote,» *Revue philosophique de Louvain*, vol. 45 (1947), pp. 206 - 235. =

(٩٥) انظر: Sudhoff, «Die kurze *Vita* und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona,» p. 73.

قد يكون ترجم من الكتاب الفصل الأول كما هو موجود، في: BN lat. 6325, folio 107r.

أشار إلى هذا النص أيضاً: Fobes, Ibid.,

ونشره: George Lacombe, ed., *Aristoteles Latinus*, Corpus Philosophorum Medii Aevi Academiarum Consociatarum Auspiciis et Consilio Editum [1], 2 vols. (Roma: La Libreria dello Stato, 1939), pp. 134 - 135 and especially p. 57.

وحول الترجمة العربية اللاتينية، انظر: Aristoteles, *The Arabic Version of Aristotle's Meteorology*, english translation by C. Petraitis, a critical edition with an introduction and greek-arabic glossaries, université Saint Joseph, institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1: Pensée arabe et musulmane; t. 39 (Beyrouth: Dar El-Machreq, 1967), and P. L. Schoonheim, *Aristoteles' Meteorologie. In Arab. u. Lat. Übersetzung. Textkrit. Ausgabe des Ersten Buches* (Leiden: [n. pb.], 1978).

(٩٦) انظر: J. K. Otte: «The Life and Writings of Alfredus Anglicus,» *Viator*, vol. 3 (1972), pp. 275 - 291, and «The Role of Alfred of Sareshel (Alfredus Anglicus) and His Commentary on the Metheora in the Reacquisition of Aristotle,» *Viator*, vol. 7 (1976), pp. 197 - 209.

في أغلب الحالات، لا يميزه الناسخ عن الكتاب الرابع. وسيكون المؤلف موجوداً في *Corpus recentius*. وقد يكون لوحده تحت اسم ابن سينا أو أرسطو.

(٩٧) إنها جزء من أعمال أرسطو. وتسمى كذلك Stagire.

(٩٨) انظر: Avicenna, *Avicennæ de congelatione et conglutinatione lapidum; Being Sections of the Kitāb al-Shifā'*, the latin and arabic texts, edited with an english translation by Eric John = Holmyard and D. C. Mandeville (Paris: P. Geuthner, 1927).

تعالج تشكل الحجارة وأصل الجبال وتصنيف المواد المعدنية (أحجار قابلة للتميع، كبريتات، أملاح)، كما تعالج أصل المعادن. يعرض ابن سينا في هذا المقطع، استناداً إلى التقليد الخيميائي، أن المعادن تنتج من اتحاد الزئبق مع تراب كبريتي، أي وكما نعرف ذلك، من أصل قابل للانصهار ومن آخر قابل للاحتراق أو للتأكسد[٩٩]. وتبعاً لنوعية المكونات وتآلف المزيج، فإن المعادن تصبح كريمة أكثر فأكثر. لكن، وبما أن الصنعة هي أضعف من الطبيعة، فإن براعة الخيمياء قادرة بالطبع على تجريد المعادن البخسة من عوارضها، أي من اللون والطعم والرنين. لكنها لا تحقق إلا تحويلاً تقريبياً. فالتحويل الحقيقي لا يستطيع أن يتم إلا بتبديل التركيب العنصري، أي بإعادة المعادن البخسة إلى مكوناتها الأولى[١٠٠].

فالنص اذن ليس نقداً محضاً للخيمياء، كما يقول خصومها منذ القرون الوسطى. إن النص الأرسطي، وكما تمت الإضافة إليه، قد أبعد الطرق السفسطائية التي تتحدث عن عمال من غير فلاسفة، وفتح الباب واسعاً لاستخدام النصوص الخيميائية من قبل الفلسفة المدرسية.

إن أحد اللقاءات الأولى بين الخيمياء والأرسطية حصل في مصنف يعرف باسم *Questiones Nicolai Peripatetici*، وقد نسبه ألبير الكبير إلى ميشال سكوت (Michel Scot)[١٠١]. وقد كتب قبل العام ١٩٣٠ م، وهو نتاج فكر فضولي، مطلع بشكل جيد على *Météores* وعلى *De Mineralibus* لابن سينا، إنه يهتم بعرض عدد كبير من الظواهر التي تحصل في العمليات الخيميائية بمصطلحات أرسطية، كمثل: تصعيد وتبييض الرهج

= تحتوي هذه النشرة على النص العربي وعلى نسخة غير صحيحة بشكل كبير للترجمة اللاتينية. حول هذه الفصول، انظر: Carmela Baffioni, *La Tradizione araba del IV libro dei «Meteorologica» di Aristotele,* Supplemento... agli Annali; no. 23, vol. 40 (1980), fasc. 2 (Napoli: Istituto Orientale di Napoli, 1980), especially pp. 90 - 96,

مع ترجمة النص العربي.

(٩٩) انظر النسخة اللاتينية لنص ابن سينا، في: Avicenna, Ibid., p. 51.

(١٠٠) المصدر نفسه، ص ٥٣ ـ ٥٤: «Ars est debilior natura et non consequitur eam quamvis multum laboret. Quare sciant artifices alkimie species metallorum mutare non posse sed similes facere possunt. (...) Hec compositio in aliam mutari non poterit compositionem nisi forte in primam reducantur materiam et sic in aliud quam primum erat permutatur. Hoc autem per solam liquefactionem non fit sed acciduntur ex hoc res quædam extranee».

(١٠١) انظر: S. Wielgus, ed., «Quæstiones Nicolai Peripatetici,» *Mediaevalia Philosophica Polonorum,* vol. 17 (1973), pp. 57 - 155.

الأصفر[١٠٢]، والكبريت[١٠٣]، وتقطير النبيذ وإنتاج الكحول[١٠٤]، تقسية وتليين المعادن[١٠٥]، وأخيراً التحويل. وغالباً ما يضيف إلى ستاجيريت (Stagirite) تأملات مبتكرة عن الجسيمات.

إلا أن المسألة تتعقد نظراً لوجود مؤلفات خيميائية شهيرة، في وقت واحد، تعتبر كأعمال لأرسطو، ومن بينها *De perfecto magisterio*، بالإضافة إلى مؤلفين على الأقل عائدين لابن سينا، هما *Epistola ad Hasen regem* و*De anima in arte alchimiae*، وقد يكون الأول منهما صحيحاً[١٠٦].

وهكذا، فإن الجملة التي تتحدث عن الأحجار *sciant artifices alkimie species transmutari non posse* ستناقش بحماس حتى القرن السادس عشر. فالممثلون في أماكنهم حاضرون للجدل الكلامي حول صحة الخيمياء.

الخلاصة: الإسهام العربي

كتب جوليوس روسكا (Julius Ruska) في بدء دراسته الكبيرة عن الرازي[١٠٧]: «لن نستطيع أبداً القول وبهذا القدر من الإصرار، بأن الخيمياء في الغرب اللاتيني لا تدين تقريباً بشيء إلى اليونانيين؛ أما إلى العرب، فإنها تدين تقريباً بكل شيء. وإبان عقود طويلة، انصب اللاتينيون على مقاطع الخيميائيين اليونانيين وكأن محتوى ومضمون الخيمياء اللاتينية يمكن تفسيرها بهذه المقاطع. (...) ليس الخيميائيون اليونانيون، بل الترجمات لأعمال أصيلة عربية هي التي مهدت الطريق أمام التطور الغربي».

وفي الواقع، فإن القرون الوسطى الغربية كانت دائماً تعترف بأنها مدينة للعرب. فجابر الحقيقي والمزيف، والذي غالباً ما سمي «ملك العرب»، والرازي وابن سينا ابن أميل (Senior Zadith) اعتبروا جميعهم أمراء في هذه الصنعة. وقد جهد اللاتينيون للسير على خطاهم. ففي عصر النهضة فقط، تحول العرب للقيام بدور شراح لليونانيين.

وقد أدى هذا الإعجاب إلى تكاثر صيغة «على غرار فلان»، التي خلدت أسلوباً قائماً

---

(١٠٢) ثالث كبريتيد الزرنيخ الأصفر.

(١٠٣) المصدر نفسه، ص ٨٥ ـ ٨٦ و٩٢.

(١٠٤) المصدر نفسه، ص ٩٥، ٩٧ و١١٤.

(١٠٥) المصدر نفسه، ص ٩٩ ـ ١٠١، ١٠٣... الخ.

(١٠٦) انظر فيما تقدم الهامش رقم (٧١).

(١٠٧) انظر: Ruska, «Übersetzung und Bearbeitungen von al - Razis Buch Geheimnis der Geheimnisse,» p. 1.

على تعابير عربية مصطنعة، مثل *Declaratio lapidis physici Avicennae filio suo Aboali*[(١٠٨)]، وأيضاً مثل *La Summa perfectionis magisterii* لجابر (Geber). وقد أظهر برتولوت أن هذا العمل الأخير لا يمكن أن يكون لجابر[(١٠٩)]. وبعد أن اكتشف وليام نيومان (William Newman) المؤلف الحقيقي وهو پول دو تارينتو (Paul de Tarente)، حدده كآخر من أقحم نصاً في كتاب **سر الأسرار** (*Secrets*) للرازي، مشيراً بذلك إلى استمرارية هذا المؤلف الأخير[(١١٠)].

إن هذه الاستمرارية نفسها غالباً ما تمنع، في مجال المفردات والمواد والأجهزة والعمليات والمفاهيم، من تمييز ما يعود إلى إسهام الخيميائيين العرب من جهة، وما يعود إلى التفسير والاستخدام الأوروبي للمعارف الخيميائية العربية من جهة أخرى. فالكلمة المستعارة alkohol (الكحْل) تعني في الأصل مسحوق أنتيمون (إثْمد) لكنها لا تأخذ معناها الراهن إلا عند پاراسلس (Paracelse). أما بالنسبة إلى alkahest لڤان هلمونت (Van Helmont)، فلا تملك من العربية إلا العنوان. كذلك، فإن جهاز التقطير دخل في القرن الثاني عشر بواسطة الترجمات الخيميائية والطبية معاً، إلا أن تطبيقيه الأساسيين، أي ماء الحياة والحوامض المعدنية، يبدوان ابتكارين أوروبيين. والمركبات الكيميائية المذكورة تنتج شيئاً فشيئاً من خليط خلاصات نباتات وتركيبات محرقة وسوائل أكالة. كما أن النظرية، الواردة في العقائد الخيميائية، التي تجعل من المعادن اتحاداً بين أصل قابل للتأكسد أو الاحتراق وهو الكبريت، وآخر قابل للانصهار وهو الزئبق، هي غريبة عن الخيمياء اليونانية. وقد ظهرت للمرة الأولى في كتاب لبليناس، إلا أنه من الصعب إقامة تسلسل في أنظمة الابتكار، التي تبذل جهدها للتوفيق ما بين هذا الحدس الأساس وما بين أرسطو والمختبر. غير أنه باستطاعتنا القول، إن تقليداً واحداً يتطور دون انقطاع، ابتداءً ببليناس وصولاً إلى پاراسلس. وفي القرن الثامن عشر سيتم وضع العمل نفسه، الذي يعود إلى پاراسلس وتلامذته، بالعربية في مصر.

---

(١٠٨) *Theatrum Chemicum*, vol. 4, pp. 875 - 882.

(١٠٩) Berthelot, *Histoire des sciences: La Chimie au moyen âge*, vol. 1.

(١١٠) انظر: William R. Newman, *The Summa Perfectionis of Pseudo-Geber*, a critical edition, translation and study (Leiden: E. J. Brill, 1991).

ـ ٢٧ ـ
الطـــب

إميلي ساڤاج ـ سميث(*)

لقد مورس الطب العربي بطرق بالغة التنوع، خلال تسعة قرون من الزمن تقريباً، وذلك من الفترة الممتدة من منتصف القرن الثامن إلى منتصف القرن السابع عشر، وفي مناطق شديدة الاختلاف كشمال أفريقيا وإسبانيا، والهند الغربية، وآسيا الصغرى، والأراضي الرئيسة الممتدة من النيل إلى نهر أموداريا. ونتيجة لهذا الانتشار الكبير أصبح هذا التنوع في طرق الطبابة أمراً لا مفر منه. وكما أن تيارات فكرية قد انتشرت في مجموع هذه الأقطار، فإن تقاليد مشتركة قد انتقلت في هذه المناطق الواسعة وبقيت حية لفترة طويلة من الزمن. وكما كان متوقعاً، فإن الاتصالات، على مثل هذه المساحات الشاسعة وعلى مر تلك القرون، لم تكن منتظمة وسريعة، وكذلك فإن انتشار الأفكار أو النصوص من منطقة إلى أخرى كان مختلفاً، وأحياناً لا يتم إلا مصادفة.

لقد شكلت النظريات الطبية، الموروثة بخاصة عن العالم الهلينستي، القاعدة النظرية للممارسة الطبية العلمية والمنتقلة بواسطة التعليم، في تلك الأراضي كافة، حيث أمنت لهذه الممارسة الاستمرارية والانسجام. إلا أن هنالك عوامل عديدة أخرى، متشابكة مع هذا التيار، ومن بينها عوامل الأوضاع المناطقية، كانت مصدر تنوعات كبيرة. فالتشريعات

(*) معهد وِلْكم لتاريخ الطب ـ أوكسفورد.

قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي.

تشكر المؤلفة The Wellcome Unit في قسم تاريخ الطب في أوكسفورد للتسهيلات التي قدمتها وللجو الذي أتاحته لها لإتمام هذا البحث. كما تخص بالشكر البروفسور مايكل دولز (Michael W. Dols) والدكتور ت. باترسون (T.J.S. Patterson)، اللذين أعادا قراءة كامل هذا النص وقدما اقتراحاتهما القيمة، وكذلك البروفسور دولز الذي سمح لها بالاطلاع على منشورات معدة للنشر وهي لا تزال منسوخة على الآلة الكاتبة. لذلك تقع على كاتبة هذا المقال مسؤولية جميع الأخطاء أو النواقص المتعلقة بالتأويل أو التفسير.

والمؤسسات المرتبطة بالعنايات الطبية كانت عرضة للتغيرات السياسية والاجتماعية. وحالة المجتمع الصحية، مع كل ما تتطلبه من اهتمامات تطبيقية على المستوى الطبي، كانت تتأثر بعوامل عديدة: كالأنظمة الغذائية، وضوابط الصيام، وقواعد الصحة العامة، ودفن الأموات عند الطوائف الدينية (المسلمة والمسيحية واليهودية والزرادشتية وغيرها)؛ وعوامل الظروف المناخية (حيث تعيش بعض المجموعات في الصحراء، أو على السواحل، وأخرى في المستنقعات أو الجبل)؛ وكذلك أنماط الحياة المختلفة (البدو الرحل، وأهالي الريف أو المدن)؛ والشروط الاقتصادية المحلية ونجاح الزراعة أو فشلها؛ والرحلات التجارية، وارتياد بلاط الأمراء، ولقاء العلماء، وأداء فريضة الحج؛ والإبقاء على نظام الرق وتجارة النخاسة؛ والجروح والأمراض الملازمة للحياة العسكرية والحروب؛ وانتشار وباء الطاعون والأمراض الوبائية الأخرى، وتوافر الظروف الملائمة لانتشار الأمراض الوبائية كالتراخوما والتهابات العيون.

وقد كانت العناية الطبية، بالإضافة إلى ذلك، تتأمن بأشكال عديدة، إذ إنها تلبي مختلف حاجات الجماعة: وذلك باللجوء إلى تطبيقات تقليدية محلية، وكذلك إلى وسائل الطب الذي انتقل بواسطة التعليم. وهكذا لا تشكل النصوص الطبية الجاهزة والملقنة سوى وجه من وجوه التطبيق الطبي الشامل الذي يلبي احتياجات المجتمع. بالإضافة إلى ذلك، يصعب علينا، ومع ابتعاد الزمن، أن نعرف إلى أي مدى وبأية وتيرة كان يتم فعلاً تداول الأفكار الموجودة في هذه، أو تلك، من المقالات العلمية، والحالات المدونة تاريخياً هي الوحيدة التي تسمح لنا بإلقاء نظرة سريعة على الخدمات الطبية خلال فترة محددة من الزمن. وقد كانت التطبيقات الطبية تتغير تبعاً للزمان والمكان، وكذلك تبعاً لظروف المريض، فمستواه الاقتصادي والاجتماعي كان يقرر، إلى حد كبير، نمط المعالجة المطلوبة، وكانت آمال المرضى تختلف وفقاً لمعالجة الأطباء. ويبرز في المجتمع تعدد في التطبيقات الطبية التي تتراوح بين نقيضين: فمن جهة هناك النظريات والتطبيقات العلمية اليونانية ـ الرومانية الأصل، ومن جهة أخرى هناك العادات المحلية والتطبيقات السحرية أو الدينية[1]. وقد اعتبرت هذه الأخيرة وعلى مستوى الطب العلمي نفسه، كوسائل لمعالجة الأمراض ومحاربتها، ويجب على القارئ المعاصر ألا يتطرق إلى الطب العربي بموقف متساهل مستخف، كما يجب عليه ألا يسقط الحاضر على الماضي.

---

(١) للمزيد من النقاش حول التعددية الطبية في المجتمع الإسلامي في القرون الوسطى، انظر:
Michael Walters Dols, *Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwān's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt*, translated with an introduction, with an arabic text edited by Adil S. Gamal (London; Berkeley, Calif.: University of California Press, 1984), pp. 39 - 41.

فمن الضروري فهم الخدمات الطبية في البلدان العربية في إطار مزيج غني من الأديان واللغات، عند الأطباء كما عند المرضى، مع تعايش ومزج لتقاليد توافقية على الأرجح في سياق ذلك العصر.

هناك نوعان فقط من الكتابة يعكسان مقاربة إسلامية واضحة، والأول منهما هو مقالات «الطب النبوي» والثاني هو كتيبات في الطاعون. وفي الاسكندرية، التي كانت لا تزال فيها جماعة طبية ناشطة إبان السنوات الأولى من الهجرة، قوبل تعلم الطب اليوناني بارتياح وتم تقويمه من قبل أمة ناشئة وسلطة كانت تود الحصول على الوسائل لمعالجة المعضلات الطبية المشتركة لجميع أبناء الشعب: كالمرض، والألم، والجروح، والحمل الذي يقود إلى النهاية السعيدة. وقد تم منذ البداية استيعاب هذا الإرث من النظريات والتطبيقات الطبية، ممزوجاً ببعض العناصر الفارسية، والهندية، والعربية، كما تم إعداده بجهد متواصل لجعله أكثر حكمة وأكثر نفعاً بفضل جمهرة من الأطباء، المسلمين وغيرهم، الناطقين بلغات عديدة مثل: العربية، والفارسية، والسريانية، والعبرية، والتركية، وإن كانت العربية قد بدأت بالتحول إلى لغة ناقلة للعلوم، كما أضحى الإسلام الدين المسيطر[٢].

---

(٢) ببليوغرافيا إضافية: من بين الدراسات العامة والحديثة حول أشكال الطب العربي في القرون الوسطى، انظر: المصدر نفسه، ص ١ - ٧٣؛ Manfred Ullmann, *Islamic Medicine,* Islamic Surveys; 11 (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1978); Felix Klein - Franke, *Vorlesungen über die Medizin im Islam,* Sudhoffs Archiv; 23 (Wiesbaden: Franz Steiner, 1982), and Ursula Weisser, *Zeugung, Vererbung und Pränatale Entwicklung in der Medizin des Arabisch-Islamischen Mittelalters* (Erlangen: Verlagsbuchhandlung Hannelore Lüling, 1983).

من بين المحاولات القصيرة، نجد تلك العائدة لـ: D. M. Dunlop, *Arab Civilization to A.D. 1500* (Beirut: Librairie du Liban; London: Longmans Green, 1971), «Science and Medicine,» pp. 204 - 250; Martin Plessner, «The Natural Sciences and Medicine,» in: Joseph Schacht and C. E. Bosworth, eds., *The Legacy of Islam,* 2nd ed. (Oxford: Clarendon Press, 1974), pp. 425 - 460; Georges C. Anawati, «La Médecine arabe jusqu'au temps d'Avicenne,» dans: *Les Mardis de Dar el-Salam* (Paris: Vrin; Le Caire: Centre d'études Dar el-Salam, 1953), et Johannes Hendrick Kramers, «Science in Islamic Civilization,» in: Johannes Hendrick Kramers, *Analecta Orientalia, Posthumous Writings and Selected Minor Works* (Leiden: E. J. Brill, 1954 - 1956).

إن كتابات إلغود (Elgood) هي مفيدة ولكن يجب استعمالها بحذر، انظر: Cyril Elgood: *A Medical History of Persia and the Eastern Caliphate, from the Earliest Times until the Year A.D. 1932* (Cambridge, [Eng.]: Cambridge University Press, 1951), and *Safavid Medical Practice; or, the Practice of Medicine, Surgery and Gynaecology in Persia between 1500 A.D. and 1750 A.D.* (London: Luzac, 1970).

المصادر

لكي نعرف تطور الممارسة الطبية في العالم العربي، لا بد من استعراض مجموعة كبيرة متنوعة من المصادر. فبالنسبة إلى النظريات والممارسة عند الأطباء الذين تلقوا تعليماً كلاسيكياً، فإننا نملك، كمصادر، عدداً كبيراً من المقالات الطبية، العامة أو المتخصصة، والمحفوظة بشكلها المخطوطي في المكتبات في جميع أنحاء العالم. وقد نشر عدد من هذه المقالات، وبخاصة تلك التي كتبت قبل القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد، وهي متوفرة في اللغات الأوروبية في ترجمة واحدة أو عدة ترجمات. مع ذلك، فإن بعض المصادر من القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد إلى القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، غير متوفرة دائماً، ربما بسبب حجمها الكبير، وهي في أحسن الحالات صعبة المنال. ولقد بوشر حالياً بالتحليل الدقيق في الأدب الطبي العائد إلى القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد وإلى العصور اللاحقة.

وبالإمكان إكمال هذه الكتابات الطبية بمصادر أخرى مكتوبة. فالمعاجم التي تدرس حياة العلماء وأعمالهم تؤلف شكلاً من الأدب الشعبي في العالم العربي، وتتضمن في الغالب معلومات عن الأطباء، حيث خصص لبعض هؤلاء مجلدات كاملة. وإن شكلت لوائح كتابات الأطباء والمعطيات المفهرسة الرئيسة لهذه السجلات مصدراً مهماً وأميناً، فإنها مع ذلك تمثل طابعاً روائياً واضحاً، لا يخلو من الفائدة في وصف المواقف، واهتمامات المجتمع وأذواقه، لكنه لا يمكن اعتبارها وثائق مبرمة عن التطبيق الطبي. أضف إلى ذلك أن أعراف هذا النوع الأدبي، والشغف بالروايات ذات النهاية السعيدة، تجعل من الصعب استعمال هذه المراجع للحصول على لوحة كاملة للعمل الطبي إبان ذلك العصر.

لقد اهتم الأطباء العرب الأوائل أنفسهم بسير حياة الأطباء الممارسين واعتبروهم كـ «القدماء»، ولا سيما كاليونانيين، وانضووا إلى تقليد قديم، يوناني الأصل، يقوم على تحديد التسلسل التاريخي للأطباء الأوائل. وقد كتب النصراني السوري اسحق، وهو ابن أول طبيب ومترجم اسمه حنين، تسلسلاً تاريخياً مماثلاً للأحداث الطبية في القرن الثالث

= وحول الطب في الهند المنغولية، انظر: Edward Burgham, «Die Grossmogulin und ihre Ärzte,» *Ciba Zeitschrift,* Bd. 63, no. 6 (1938), pp. 2166 - 2198.

تبقى مهمة أيضاً كتابات: Edward Granville Browne, *Arabian Medicine,* being the Fitzpatrick lectures delivered at the college of physicians in November 1919 and November 1920 (Cambridge: Cambridge University Press, 1921), reprinted (1962), and Lucien Leclerc, *Histoire de la médecine arabe: Exposé complet des traductions du grec, les sciences en orient, leur transmission à l'occident par les traductions latines,* 2 vols. (Paris: Leroux, 1876), réimprimé (New York: Burt Franklin, 1963).

للهجرة/ التاسع للميلاد عرّفنا فيه بالصعاب التي واجهها الأطباء العرب الرواد عندما اهتموا بتطوير مهنتهم. وقد استعان اسحق بن حنين، ككثيرين غيره، بحيلة أدبية تتمثل في إعادة أصول الطب إلى شخصيات أسطورية أو دينية؛ وجعل من هذه الشخصيات أعلاماً.

وبإمكاننا الاستفادة من مراجعة مصادر أخرى مكتوبة، كالتواريخ العامة مثلاً وحوليات مملكة أو سلالة، أو الموسوعات الشاملة التي تحتوي على فصول لمواضيع طبية، بالإضافة إلى أدب الرحلات. كما أن المؤلفات الأدبية الصرفة، والأعمال المعروفة بعامة بـ «الأدب»، والتي تعالج العادات وعلم الأخلاق في المجتمع بنوع خاص، تستطيع أن تستأثر أيضاً باهتمام الأطباء. كما أن الكتابات الفلسفية التي تعالج غالباً المواضيع الطبية وآراء الفقهاء ورجال القانون المتعلقة بالطب وبممارسة الأطباء هي ذات أهمية كبرى. كذلك فإن أعمال وأقوال النبي محمد ﷺ التي دونت والتي جمعت بشكل رئيس في القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد في مجموعة أدبية مسماة بـ «الحديث» تحتوي على إشارات عديدة في الصحة والمرض.

تشكل الوثائق المتعلقة بإنشاء الجمعيات الخيرية أو «الأوقاف»، والتي تسمح بإقامة المستشفيات والمؤسسات العامة، مصادر بالغة الأهمية للممارسات الطبية، كما ينطبق الأمر نفسه على المقالات المهتمة بتوزيع المياه، وبالصحة العامة، وبممارسات الغش في الأسواق.

كما أن مصادر غير مباشرة، وغير مكتوبة تستطيع أيضاً أن تقدم لنا معلومات عن اهتمامات المجتمع الطبية. فالحفريات الأثرية تستطيع إظهار آثار مستشفى أو بقايا شبكة قنوات لمدينة ما، كما أن علم الأمراض القديمة يحدد بروز بعض الأمراض أو الجروح والطرق والوسائل الجراحية؛ لكن هذا النوع من الاكتشافات ليس مستثمراً حالياً بالقدر الكافي. وللأسف فقد وصل إلينا قدر قليل من الأدوات الطبية التي تعود الى القرون الوسطى؛ حيث لم تكن العادة، وكما هو الأمر في العالم اليوناني والروماني، تقضي بوضع الأدوات الجراحية أو عينات الأدوية في القبور. فالمعروف حالياً هو عدد صغير من الأدوات الطبية العربية السابقة لبداية القرن التاسع عشر. بينما يوجد عدد كبير من التعاويذ، والأقداح السحرية، ونماذج لإعداد الطلاسم وصلوات للرقية، والتي كانت قد استعملت لأغراض طبية لشريحة كبيرة من المجتمع.

كما تشكل الرسوم في بعض المخطوطات الطبية أو المتعلقة بتحضير الأدوية، مصدراً آخر مهماً، لكنه يبقى أقل غنى بالمعلومات من سواه. فواقع الحال أن تمثيل الأشكال البشرية في الفن الإسلامي لم يكن ممنوعاً بشكل عام وتدل على ذلك النصوص الطبية. وتفسير بعض مقاطع القرآن والحديث التي تنتقد التمثيل البشري كان ينطبق على النصوص الدينية وعلى فن العمارة فقط. وكانت بعض الأبنية المدنية، تزين في بعض الحالات بالوجوه البشرية، كما كانت الأساطير والروايات مزدانة بالصور في الغالب؛ وكانت النصوص والآلات التنجيمية، كالكرات السماوية، تعطي كوكبات النجوم صورة جسدية؛

كما كانت النصوص الطبية تتضمن أشكالاً بشرية. ففي محاولات تمثيل تفصيل ما، كتشريح العين أو الجهاز الوريدي، كانت النتائج النهائية تأتي مرسومة بيانياً. وفي العادة كانت الأجهزة الجراحية تصور دون رسم بشري، وإذا ما تم تمثيل شخص ما خلال عملية جراحية، فإن الشكل البشري المرسوم بشكل تقريبي يسيطر على الرسم كله، في حين أن العمل الجراحي يشار إليه فقط بواسطة بعض التفاصيل المتعلقة به. إن عدداً ضخماً من الرسومات الصغيرة يعطي في المخطوطات صوراً للأطباء، فمثلاً تظهر بعض هذه الصور طبيباً يعلم، أو عدداً من الأطباء المتنافسين. وبالاختصار، فإن صور الأطباء لا تقدم إلا القليل من المعلومات عن الممارسة الطبية بحد ذاتها، كما أن معلوماتنا ضئيلة حول المظهر الحقيقي للأطباء الأوائل، نظراً لوجود هذه الاصطلاحات الفنية.

حتى وإن بدت هذه المصادر واسعة ومتنوعة، بحيث إن باحثاً واحداً أو حتى فريقاً من الباحثين لا يستطيع في الوقت الحاضر أن يحللها ويقومها تاريخياً، إلا أنها تغطي فقط جزءاً ضئيلاً من حقل الممارسة الطبية الممتدة على مدى تسعة قرون من الزمن، وعلى أراض مسلمة شاسعة ومتنوعة. إن وجهة نظرنا في الطب العربي لهذه الحقبة محدودة حكماً، تبعاً للمصادر التي نملكها، وقد طغت على هذه المصادر المقالات التعليمية الطبية التي حفظت مصادفة أحياناً والتي لم تدرس بشكل كامل من قبل المؤرخين المعاصرين(٣).

(٣) ببليوغرافيا إضافية: تجب مراجعة مؤلف أولمان الفهرسي عن كل طبيب مذكور في هذا البحث. انظر: Manfred Ullmann, *Die Medizin im Islam,* Handbuch der Orientalistik. 1. Abt. Der Nahe und der Mettlere Osten. Ergänzungsband 6. Abschnitt 1 (Leiden: E. J. Brill, 1970).

وبالنسبة إلى الذين عاشوا قبل ١٠٣٨/٤٣٠، انظر: Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* 8 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982), vol. 3: *Medizin.*

أما بالنسبة إلى المصادر الفارسية، فانظر: Charles Ambrosse Storey, *Persian Literature: A Bio - bibliographical Survey,* 2 vols. in 4 (London: Luzac, 1927 - 1971), vol. 2, part 2: «Medicine».

انظر أيضاً المحاولة الفهرسية لـ: Emilie Savage - Smith, «Islamic Science and Medicine,» in: P. Corsi and P. Weindling, eds., *Information Sources in the History of Science and Medicine* (London: Butterworth Scientific, 1983), pp. 436 - 455.

بالنسبة إلى الروايات التي كتبها الأطباء المسلمون الأوائل، انظر: F. W. Zimmermann, «The Chronology of Isḥāq Ibn Ḥunayn's Ta'rīh al-aṭibbā',» *Arabica,* vol. 21, no. 3 (October 1974), pp. 324 - 330; Franz Rosenthal, «An Ancient Commentary on the Hippocrate Oath,» *Bulletin of the History of Medicine,* vol. 30 (1956), pp. 52 - 87; Max Meyerhof, «Sultan Saladin's Physician on the Translation of Greek Medicine to the Arabs,» *Bulletin of the History of Medicine,* vol. 18, no. 1 (1945), pp. 169 - 178, and Ullmann, Ibid., pp. 228 - 233.

بالنسبة إلى الأجهزة، انظر: Emilie Savage - Smith, «Some Sources and Procedures for Editing a Medieval Arabic Surgical Tract,» *History of Science,* vol. 14, no. 26 (December 1976), pp. 245 - 264. =

الطبابة قبل الخلافة العباسية (قبل ١٣٢هـ/ ٧٤٩م)

كانت الاهتمامات الطبية موجودة بالتأكيد في شبه الجزيرة العربية قبل الإسلام، كما هو الأمر في كل مجتمع، وقد كان هناك أطباء يلبون، بشكل أو بآخر، الحاجات الطبية للمرضى والجرحى. ويبدو أن طرق المعالجة في ذلك العصر بقيت متبعة طوال فترة حياة النبي ﷺ كلها تقريباً وفي الفترة الأولى من خلافة الأمويين.

إننا لا نعلم شيئاً عن طبيعة هذه العنايات الطبية إلا من خلال ما وصلنا من أقوال الرسول وبعض أفراد المجتمع الإسلامي الأول، وكذلك من خلال مصادر مجتزأة. وبما أن الرسول ﷺ والصحابة لم يكونوا معنيين بإعطاء وصف دقيق للطبابة، فإن أقوالهم لا تشكل سوى لمحة جزئية جداً عن الطب في ذلك العصر.

لقد وصف ابن خلدون، المؤرخ من القرن الثامن للهجرة/الرابع عشر للميلاد الممارسات الطبية البدائية التي رآها تتردد في طرق الطبابة التقليدية عند البدو المتحضرين في عصره، على الشكل التالي(٤): «وللبادية من أهل العمران طب يبنونه في غالب الأمر على تجربة قاصرة على بعض الأشخاص، متوارث عن مشايخ الحي وعجائزه، وربما يصح البعض منه إلا أنه ليس على قانون طبيعي و لا على موافقة المزاج. وكان عند العرب من هذا الطب كثير، وكان فيهم أطباء معروفون كالحارث بن كلدة، والطب المنقول في الشرعيات من هذا القبيل وليس من الوحي في شيء وإنما هو أمر كان عادياً للعرب ووقع فيه ذكر أحوال النبي ﷺ من نوع ذكر أحواله التي هي عادة وجبلة».

ومن البديهي أن يشكل الجهاز الهضمي وأمراضه الاهتمام الرئيس، وأن تكون الحمية هي الوقاية والعلاج؛ وكانت الحمى تعتبر العارض الرئيس للمرض. أما الحماية من إصابة العين الشريرة واستعمال الطلاسم والتعاويذ للمساعدة أثناء الوضع أو للوقاية من المرض

= وبالنسبة إلى الرسوم الطبية، انظر: D. Brandenburg, *Islamic Miniature Painting in Medical Manuscripts* (Bâle: Editions F. Hoffmann-La-Roche, 1982), and H. Buchtal, «Early Islamic Miniatures from Baghdād,» *Journal of the Walters Art Gallery,* vol. 5 (1942), pp. 18 - 39.

(٤) انظر: Ibn Khaldūn, *Al-Muqaddima, Prolégomènes d'Ebn - Khaldoun,* texte arabe publié d'après les manuscrits de la bibliothèque impériale par M. Quatremère (Paris: Institut impérial de France, 1858), vol. 3, pp. 118 - 119; traduction française par Vincent Monteil, *Discours sur l'histoire universelle (al-Muqaddima),* 3 vols. (Beyrouth: Commission internationale pour la traduction des chefs-d'œuvre, 1967), vol. 3, p. 1081, réimprimé (Paris: Sindbad, 1978); english translation by Franz Rosenthal, *The Muqaddimah: An Introduction to History* (New York: [n. pb.], 1987).

فقد كانا مستخدمين بشكل دائم وثابت؛ ونشير إلى أن نساء مجربات وشيوخاً كانوا يؤمّنون هذا النوع من الخدمة. كما كان يتم استخدام الفصد والتشطيب والكي. لكن الجراحة لم تكن تشكل جزءاً من المعالجة.

تفصل ٩٦٥ سنة بين موت الإسكندر الكبير ووفاة النبي محمد ﷺ. وخلال هذه الحقبة من الزمن تطور النظام الطبي اليوناني ـ الروماني وذلك بفضل كتابات أبقراط وجالينوس وديوسقوريدس بشكل أساسي. كما ازدهرت الإسكندرية كروما والقسطنطينية، وأنطاكية وآمد وإديسا (في مقدونيا) كمراكز نشاط علمي وطبي. وأجبرت الأحداث السياسية والدينية الكثير من البحاثة الناطقين باليونانية والسريانية على الهجرة إلى بلاد فارس حيث أسسوا هناك مراكز للتعليم. ففي سنة ٤٨٩م، أقفل إمبراطور روما مدرسة آمد، فالتجأ المثقفون، وكانوا بأغلبيتهم من المسيحيين النساطرة، إلى نصيبين في بلاد فارس، حاملين معهم نصوصاً يونانية، وترجمات وموجزات بالسريانية.

عندها أضحت مدينة جنديسابور، الواقعة قرب القرية الحالية شاه آباد في الجنوب الغربي لإيران الحالية، مركزاً للتعليم، حيث امتزجت لغات وثقافات عديدة، منها اليونانية، والسريانية، والفارسية، والهندية، والعبرية. وقد أكد المؤرخون بشكل عام أن جنديسابور كانت مركز استشفاء مهماً وكانت تحوي على مدرسة للطب أمنت ترجمة نصوص يونانية، وربما سنسكريتية أيضاً، إلى الفارسية والسريانية. أما دور جنديسابور الرئيس في تطوير المستشفيات وفي التعليم الطبي في العالم الإسلامي فقد أضحى حديثاً موضوع مساجلات تاريخية. ففي الواقع لا نملك أي دليل يثبت وجود مستشفى في جنديسابور، أو يؤكد أن العلماء الذين كانوا مرغمين على ترك آمد قد استقروا في جنديسابور؛ كما أشار إلى ذلك بعض المؤرخين. فلربما كان فيها مشفى صغير، حيث كانت تمارس فيه الطبابة اليونانية ـ الرومانية، ومركز ندوات لقراءة النصوص الطبية، على غرار ما كان يجري في المدن الأخرى، مثل سوس (Suse) القريبة من الغرب.

إن أهمية جنديسابور المزعومة كمركز طبي واستشفائي تعود إلى واقع أن الأطباء ومترجمي المؤلفات الطبية الأوائل في البلاطات الإسلامية، هم في غالبيتهم الساحقة من المسيحيين النساطرة. فقد عرف هؤلاء جيداً كيف ينسبون لأنفسهم فكرة إنشاء المستشفيات وعملوا على حبك هذه الأسطورة لتدعيم نفوذهم في مجال الطب. ومن المؤكد أن سيطرة النساطرة هذه التي طالت الفترة الأولى للطب في بغداد، كان من نتيجتها تقدم ممارستهم الطبية المستندة إلى المصادر اليونانية، على التطبيقات الزرادشتية أو الهندية المنافسة لها وعلى تلك التطبيقات التي كانت سائدة في شبه الجزيرة العربية في فترة ما قبل الإسلام.

لا تذكر لنا المصادر شيئاً عن العنايات الطبية التي حظي بها الخلفاء الراشدون الأربعة (١١ ـ ٤٠هـ/ ٦٣٢ ـ ٦٦١م)، فهي لا تقدم سوى معلومات جزئية عن التطبيق الطبي خارج البلاط. ويذكر لنا التاريخ أن عربياً اسمه الحارث بن كلدة، وهو الذي ذكره ابن

خلدون في القول السابق ويقال إنه أحد أقرباء الرسول محمد ﷺ، قد درس الطب في جنديسابور. وكانت له، وفق الرواية، مناقشات مع كسرى الأول أنوشروان (ت ٥٧٩م)، وقد عاش حتى حكم الخليفة الأموي الأول (٤٠ ـ ٦٠هـ/ ٦٦١ ـ ٦٨٠م). إن الروايات حول الحارث بن كلدة هذا تحتوي على أخبار خرافية ومتناقضة، بحيث انه من الصعب التسليم بحقيقة وجود هذا الشخص. كما نعرف اسم طبيب آخر، معاصر للنبي محمد ﷺ، وهو ابن أبي رمثة، ويعتقد أنه كان يمارس الجراحة، إذ إنه نزع شامة من بين كتفي الرسول، ولكن هذه الرواية مشكوك في صحتها أيضاً.

تدور بعض التفاصيل البسيطة حول الأطباء الذين خدموا خلفاء بني أمية الأوائل. فكان ابن أثال، وهو نصراني من دمشق، طبيباً لمعاوية، الخليفة الأول لهذه السلالة. ويروى أن خالداً بن يزيد (ت ٨٥هـ/ ٧٠٤م) وهو حفيد معاوية، والذي لم يرث الخلافة، كان يملك، حسب الروايات، كتباً في الطب، والخيمياء، والتنجيم، مترجمة إلى العربية لاستعماله الشخصي. وذكر كتاب متأخرون روايات كثيرة تدور حول شخصه، وكان لأغلبيتها علاقة بالخيمياء.

كما يروى أيضاً عن طبيب كان للخليفة عمر بن عبد العزيز (٩٩ ـ ١٠١هـ/ ٧١٧ ـ ٧٢٠م) وهو عبد الملك بن أبجر الكناني الذي اعتنق الإسلام، والذي كان قد تعلم في مدرسة الطب بالإسكندرية والتي كانت لا تزال مزدهرة. وكان لهذا الخليفة، كما يقال، طبيب يهودي من بلاد فارس اسمه ماسرجويه أو ماسرجيس، الذي ترجم من السريانية إلى العربية كتاب طب كان قد كتبه أهرون القس قبل قرن من ذلك الزمن في الإسكندرية. وتذكر بعض الروايات أن ماسرجويه هذا قد عاش حتى أوائل القرن التاسع الميلادي.

وتروى طرفة عن عملية جراحية أجريت قبيل اعتلاء الوليد الأول سدة الخلافة (حكم من سنة ٨٦هـ/ ٧٠٥م إلى سنة ٩٦هـ/ ٧١٥م). فقد ذكر ابن قتيبة الشاعر في القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد رواية موجزة عن بتر رجل عروة بن الزبير (ت ٩٤هـ/ ٧١٢م) من المدينة المنورة. وكان عروة مرجعاً دينياً كبيراً. فقد روى ابن قتيبة أنه في السنة التي سبقت تولي الوليد الخلافة أصيب عروة بالغنغرينا في رجله. وكان في سوريا في صحبة الوليد بن عبد الملك (الذي أصبح فيما بعد الوليد الأول). فقطعوا ساقه بحضور الوليد دون أن يبدي عروة ما ينم عن ألمه. ولم يلحظ الوليد هذا القطع إلا عند كي الجرح حيث فاحت رائحة الشواء. وبعد هذه العملية الجراحية عاش عروة ثماني سنوات(٥).

وفي القرن التالي، حصلت إضافات إلى هذه الرواية إلى درجة أن الأصبهاني (ت ٣٥٦هـ/ ٩٧٦م) روى أنه قدم إلى عروة شراباً (مرقداً) لتخفيف الألم، لكنه رفضه بحجة

---

(٥) أبو محمد عبد الله بن مسلم بن قتيبة، **المعارف**، حققه وقدم له ثروت عكاشة، ذخائر العرب؛ ٤٤، ط ٢ (القاهرة: دار المعارف، ١٩٦٩)، ص ٢٢٢.

أن تناول هذا الشراب يحط من مقامه. ثم أضاف ابن الجوزي المؤرخ والفقيه في القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد في بغداد أن عروة أخذ رجله المبتورة من أيدي الأطباء بعد قطعها وخاطبها بما معناه أن ما يجعله متسامحاً تجاهها هو كونها لم تقده يوماً إلى معصية الله(٦).

إن اختلاف الروايات حول عملية قطع رجل عروة تبين بجلاء الصعوبات التي تواجه المؤرخ في عمله للاستفادة من مصادره الأولى. فقد كتبت هذه النصوص المتعلقة بالرواية السابقة لإظهار أمور أخرى، ألا وهي الوقار والتقوى. أما تفاصيل العملية الجراحية فهي غامضة ومتناقضة. والأمر المؤكد هو أن الأجيال اللاحقة كانت تعتقد أن بلاط بني أمية قد حوى أكثر من طبيب قادر على إنجاز عمليات قطع الأعضاء وعلى إعطاء المسكنات (المرقدات) لتخفيف الألم.

إن مصادرنا المتعلقة بكل تلك الحقبة مجتزأة، ومتناقضة وغامضة. فقد انشغل الخلفاء الأمويون في بسط سلطانهم وتحديد الأراضي التي استولوا عليها؛ لذلك لم تسمح بالتأكيد ضرورات الحكم المرتبطة بهذا التوسع السريع، وكذلك متطلبات العقيدة الناشئة، بالاهتمام الكافي بالمسائل الاجتماعية وبالمشاريع العلمية. وليس مستبعداً ارتباط البلاط الأموي بأطباء كانوا على اتصال بالطب البيزنطي كما كان يمارس في الإسكندرية وجنديسابور. غير أنه من المحتمل جداً أن تكون العادات البدوية الطبية التي كانت شائعة في الجاهلية قد حافظ عليها العرب المتحضرون في مجتمعهم الجديد المتمدن الناشئ وحتى القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد، وانطلاقاً من هذا القرن تم استيعاب النظريات والتطبيقات اليونانية ـ الرومانية والبيزنطية من قبل نخبة مثقفة من العرب الممارسين للطب(٧).

---

(٦) انظر: أبو الفرج عبد الرحمن بن علي بن الجوزي، **ذم الهوى**، تحقيق مصطفى عبد الواحد؛ مراجعة محمد الغزالي (القاهرة: دار الكتب الحديثة، ١٩٦٢)، ص ٢٢١ ـ ٢٢٢؛ أبو الفرج علي بن الحسين الأصبهاني، **كتاب الأغاني**، تحقيق علي محمد البجاوي، ٢٤ ج (القاهرة: دار الكتب المصرية، القسم الأدبي، ١٩٢٧ ـ ١٩٧٤)، ج ١٧، ص ٢٤١، انظر أيضاً: Ullmann, *Islamic Medicine*, p. 5.

(٧) ببليوغرافيا إضافية: حول جنديسابور (Gundisāpūr)، انظر: Michael Walters Dols, «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 61 (1987), pp. 367 - 390, and Lawrence Conrad and Vivian Nutton, *From Myth to History: Jundishapur and Islamic Medicine* (London: Wellcome Institute for the History of Medicine, [Forthcoming]).

وحول الأطباء الأمويين، انظر: Ullmann, *Die Medizin im Islam*, pp. 15 - 22; Kleine - Franke, *Vorlesungen über die Medizin im Islam*, pp. 32 - 37, and Dunlop, *Arab Civilization to A.D. 1500*, pp. 204 - 214.

وحول الطبيعة الاستيطانية للطاعون إبان حكم بني أمية، انظر: Michael Walters Dols, «Plague in Early Islamic History,» *Journal of the American Oriental Society*, vol. 94 (1974), pp. 371 - 383.

الطب العباسي الأول

بعد تثبيت الوضع السياسي في منتصف القرن الثاني للهجرة/ الثامن للميلاد، توسع واستقر الاتصال الثقافي والاجتماعي بين العرب والأراضي الملحقة بهم حديثاً أو المتاخمة لهم. فنشطت على نطاق واسع ترجمة النصوص العلمية والفلسفية العائدة للثقافات القديمة، وذلك بعد أن نقل الخلفاء العباسيون البلاط من دمشق إلى بغداد.

وقد اشتهر كل من المنصور، وهارون الرشيد والمأمون بدورهم كحماة للثقافة، إذ شجعوا انتقال الأطباء من جنديسابور القريبة إلى بغداد. فقد استدعى المنصور (١٣٦ ـ ١٥٨هـ/ ٧٥٤ ـ ٧٧٥م)، الذي كان يعاني آلاماً في معدته، إلى بغداد طبيباً يدعى جرجيس بن جبرائيل بن بختيشوع، الذي كان أشهر طبيب في جنديسابور. لقد كتب هذا الطبيب بالسريانية موجزاً طبياً وعاد في آخر أيامه إلى جنديسابور، حيث مات بعد سنة ١٥١هـ/ ٧٦٨م. ثم استدعي ابنه أيضاً إلى بغداد سنة ١٧١هـ/ ٧٨٧م، وبقي فيها حتى وفاته سنة ١٨٥هـ/ ٨٠١م، وقد عمل كطبيب للخليفة هارون الرشيد. وهناك طبيب آخر، من الجيل الثالث لتلك العائلة، هو جبرائيل بن بختيشوع، وقد كان أيضاً طبيب هارون الرشيد وطبيب خلفيه في بغداد. وكان اثنا عشر فرداً من عائلة بختيشوع، على امتداد ثمانية أجيال، قد خدموا الخلفاء كأطباء ومستشارين؛ وهم نصارى نساطرة، اهتموا أيضاً بترجمة النصوص وتأليف مقالاتهم الخاصة. ودامت هذه الحقبة حتى النصف الثاني من القرن الحادي عشر الميلادي، وهي حقبة مميزة ولكنها ليست الوحيدة في تاريخ الطب.

أنشئت في بغداد، في بداية القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد المؤسسة المعروفة باسم «بيت الحكمة»، وكانت لها مكتبتها الخاصة. وكانت مهمتها تشجيع ترجمة النصوص العلمية. وقد أرسلت بعثة إلى القسطنطينية للحصول على المؤلفات. وكان على رأس المؤسسة نصراني نسطوري اسمه يوحنا بن ماسويه (ت ٢٤٣هـ/ ٨٥٧م)، وكان أبوه طبيباً في جنديسابور قبل انتقاله إلى بغداد. فقد اشتهر ابن ماسويه، بالإضافة إلى ترجمته لبعض الكتب، بتأليفه لعدد ضخم من المقالات. وقد شملت كتاباته موجزاً في الطب، كان الأول من نوعه إذ عرض بشكل بياني، وتناول الحمى، والبرص، والسموم، والصرع، وأمراض العين، والفحص السريري. كما عرض سلسلة من جوامع الكلم الطبية. فقد وصف ابن ماسويه وصفاً كاملاً ودقيقاً في كتبه بعض الأمراض كإصابة العين بمرض السبل وهو تكون الأوعية الشعرية مع ترسب النسيج، وقد كانت هذه الأوصاف مبتكرة، وغير موجودة في المقالات السابقة العائدة للطب البيزنطي. ويذكر أنه كان يعقد «مجلساً» مع تلاميذه للمناقشة ومعاينة المرضى. وكان في المناسبات يجذب الكثير من الحضور نظراً لما اشتهر به من سرعة الخاطر والرد السريع.

وكان من أشهر تلامذته على الاطلاق حنين بن اسحق العبادي، وهو نصراني

نسطوري أيضاً، لكن أصله من الحيرة في جنوب العراق. وهو مؤلف عدة كتيبات طبية وطبيب الخليفة المتوكل (٢٣٢ ـ ٢٤٧هـ/ ٨٤٧ ـ ٨٦١م)، لكنه عرف بترجماته قبل كل شيء آخر. ابتدأ حنين هذا بالترجمة وهو لما يزل في سن السابعة عشرة، تحت إشراف ابن ماسويه، وأنجز مجموعة هائلة من الأعمال إلى أن وافته المنية سنة ٢٦٠هـ/ ٨٧٣م. فقد ترجم إلى السريانية والعربية جميع المقالات الطبية المعروفة في عصره تقريباً، ونصف كتابات أرسطوطاليس وشروحاته، والعديد من المقالات الرياضية، كما ترجم التوراة نقلاً عن ترجمتها المعروفة بالسبعينية. ويذكر عنه أنه، قبل عشر سنوات من وفاته، كان قد ترجم من مؤلفات جالينوس وحدها خمسة وتسعين مؤلفاً إلى السريانية، وأربعة وثلاثين مؤلفاً إلى العربية. ومن بعده استخدم تلامذته، وبخاصة أحد أبنائه وأحد أبناء أخيه ترجماته السريانية لنقلها إلى العربية. ولقد تميز أسلوبه في الترجمة بالدقة والحدس والتقدير الصحيح، وهذه كلها سمات ميزته عن غيره لكي يكون مرجعاً في إعداد مصطلح طبي وعلمي باللغة العربية الكلاسيكية. ومن بين الكتابات الشخصية لحنين، مقالة تحت عنوان **المسائل في الطب للمتعلمين** وقد كان لها تأثير كبير، وكذلك **كتاب العشر المقالات في العين** وعدد كبير من الكراريس الصغيرة.

هؤلاء المترجمون وغيرهم، كثابت بن قرة (ت ٢٨٨هـ/ ٩٠١م)، الذي ينتمي إلى الصابئة وهي طائفة وثنية في حران في الشمال من بلاد ما بين النهرين، كان باستطاعتهم الوصول إلى البلاط كمستشارين وعلماء بصرف النظر عن دينهم أو جنسهم. وكان لهذه الترجمات الفضل في استمرارية الأفكار بين الطب العربي، من جهة والتطبيقات الطبية في الإسكندرية وبيزنطية من جهة أخرى.

بالإضافة إلى هؤلاء الرجال، الذين كانوا أطباء ومترجمين أيضاً، عرف عن عدد من الممارسين الأوائل بأنهم أنجزوا بأنفسهم ترجمات، لكن كتاباتهم عكست الاستيعاب المبكر لهذه المادة الغريبة. ونذكر أولاً، من هذه المجموعة، علياً بن سهل بن ربان الطبري، وهو ابن بحاثة نصراني من مرو، في جنوب بحر قزوين. وقد أهدى كتابه **فردوس الحكمة** إلى الخليفة المتوكل سنة ٢٣٥هـ/ ٨٥٠م. ولم يقم علي بن سهل سوى بتلخيص الممارسات اليونانية ـ الرومانية والبيزنطية في الموجز الذي ألفه، لكنه خصص فصلاً كاملاً للطبابة الهندية بهدف مقارنتها بالطب اليوناني. وقد اعتنق هذا المؤلف الإسلام، وكتب، قبل وفاته (بعد ٢٤٠هـ/ ٨٥٥م بقليل) مقالتين دافع فيهما عن الإسلام ضد المسيحية، واليهودية، والهندوسية، والزرادشتية.

إننا نعرف حوالى ثمانية وعشرين طبيباً ممارساً قبل عصر الرازي (المولود سنة ٢٥١هـ/ ٨٦٥م)، وكان أشهرهم من دون منازع قسطا بن لوقا البعلبكي، المترجم والمؤلف. ومن بين كتاباته الطبية هناك مؤلفات تعالج الأسباب التي تشرح الفوارق بين الناس حسب طبيعتهم، وطريقة عيشهم، وأهوائهم، وأذواقهم؛ كما تعالج بعض الفقرات قواعد الصحة

بالنسبة إلى المسافر، والطاعون وأسبابه، والعدوى، والحماية ضد الرشح والزكام الشديد الشتويين، والدم، والصفراء، والسوداء، والفصد، والمسائل المتعلقة بحلول الظروف المرضية.

لقد اعتمدت كلياً نظرية «الأخلاط» (الأمزجة) في أواخر القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد، كما وضعها الطبيب اليوناني ـ الروماني جالينوس في القرن الثاني الميلادي، وقد تم دمج هذه النظرية مع الفكر الطبي لذلك العصر. ولم يكن لكتابات أبقراط التي وضعها في القرن الرابع قبل الميلاد تأثير كتابات جالينوس على الطب العربي بشكل عام، على الرغم من أن الأطباء العرب قد استعملوها على نطاق واسع. وقد ارتكز النظام الجالينوسي على مبدأ الأخلاط الأربعة: الدم، والبلغم، والصفراء، والسوداء؛ وتتحدر هذه المعلومات من كتابات أبقراط. وكانت تقارن بـ «العناصر» الأربعة: الهواء، والماء، والنار، والتراب. أما الصفات الأخرى فيمكن تصنيفها زوجاً زوجاً مع الأخلاط وفق المخطط البياني التالي: الدم مع الحار والرطب، والبلغم مع البارد والرطب، والصفراء مع الحار والجاف، والسوداء مع البارد والجاف. وكانت الفصول الأربعة مهمة، بحيث يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية والجغرافية.

ربما كان إعجاب جالينوس، ومن بعده الكتاب البيزنطيين والمسلمين باستخدام المخططات البيانية وبالتناظر، قد شجعهم على الاحتفاظ بهذا النظام الرباعي الأجزاء، حتى وإن بدا قليل المرونة في الاستعمال. فاعتدال المزاج مترافق مع الصحة الجيدة، علماً أنه لا بد من الإقرار بأن اعتدالاً كاملاً غير موجود على الاطلاق. إن مزاجاً يسيطر دائماً بطريقة ما، وبذلك ينشأ توازن مع الطباع الرئيسة الأربعة للرجل، ألا وهي: الدموية، والبرودة، والحدة، والسوداوية. يتم تحديد المزاج الفردي بشكل أكثر دقة بواسطة قسمته إلى تسعة أنواع وتكون القسمة بالاعتماد على الصفة، أو على زوجي صفات أو على الاعتدال المثالي المسيطر، والاعتدال هذا هو نفسه عرضة لتأثيرات عوامل خارجية. وعندما يصبح توازن الطباع بالنسبة إلى حالته الأصلية خارجاً عن الاعتدال يظهر المرض. وعندما تكون بعض الطباع في حالة المرض يمكن إعادتها إلى التوازن بواسطة نوع من الغذاء أو ببعض الأدوية المضادة للمرض، التي تؤدي إلى إلغائه. وهكذا يمكن أن نفهم، في إطار فن الشفاء، الاستعمال القوي للمسهلات، والمقيئات أو الفصد. كما أن الحمية الصحيحة والصوم كانا يعتبران من عوامل اعتدال الصحة.

لم يمنع هذا التصور في علم الأمراض، والذي يبدو لنا مقيداً ومحدداً نوعاً ما، جالينوس أو الأطباء العرب الذين ورثوا النظرية من بعده، من مراقبة المرض بانتباه كلي ومن استعمال المنطق لتفسير ما كانوا يرونه. فتشخيص المرض كان الهم الرئيس للطب الهلينستي والعربي، في حين أن الجمع بين الفلسفة والطب، والذي كان واضحاً في كتابات

جالينوس، استمر في الأدب الطبي للقرون الوسطى في البلدان الإسلامية(٨).

زمن الأنظمة الكبيرة

أصبحت الكتابات العربية أكثر منهجية وأكثر تركيباً بعد عصر تميز باستيعاب سريع نوعاً ما للطب اليوناني، والفارسي، والهندي، إبان القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد. فقد أضحى إنجاز عمل متكامل ومستند إلى المراجع الطبية الكاملة أمراً ضرورياً وبديهياً، بحيث لم يتم إنجاز مثله قبلاً. فتنظيم مجموعة المعلومات الواسعة في كتاب منطقي وعقلاني وسهل المنال، بات الهم الرئيس. لقد أضحى المقال النظري حول أسباب وعلامات الأمراض جاهزاً، وفي الوقت نفسه، أُدخلت التطبيقات بكثافة؛ وربما يمثل هذا الأمر

---

(٨) ببليوغرافيا إضافية: حول ترجمة الطب اليوناني والهندي، انظر: Ullmann: *Die Medizin im Islam,* pp. 25 - 108, and *Islamic Medicine,* pp. 7 - 40, and A. I. Sabra, «The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam: A Preliminary Statement,» *History of Science,* vol. 25 (1987), pp. 223 - 243.

انظر أيضاً: D. Sourdel, «Bukhtīshū,» vol. 1 , p.1 338, et J.C. Vadet, «Ibn Māsawayh,» vol. 3, pp. 896-897, dans: *Encyclopédie de l'Islam,* 6 vols., parus, 2ème éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960 -); Georges C. Anawati and A. Z. Iskandar, «Ḥunayn Ibn Isḥāq,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* 18 vols. (New York: Scribner, 1970 - 1990), vol. 15, pp. 230 - 249; Max Meyerhof, «'Alī aṭ-Ṭabarī's *Paradise of Wisdom,* One of the Oldest Arabic Compendium of Medicine,» *Isis,* vol. 16, no. 48 (1931), pp. 6 - 54; Alfred Siggel, *Die Indischen Bücher aus dem Paradies der Weisheit über die Medizin des 'Alī Ibn Sahl Rabban at-Tabarī,* Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz, Abhandlungen der Geistes - und Socialwissenschaftlichen Klasse; 14 (Wiesbaden: Franz Steiner, 1950), and Ḥunayn Ibn Isḥāq: *Questions on Medicine for Scholars,* translated and edited by P. Ghalioungui (Cairo: Al - Ahram Center for Scientific Translations, 1980), and *Kitāb al - 'ashar maqālāt fī al - 'ayn al - mansūb lī - Ḥunayn Ibn Isḥāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809 - 877 A.D.),* edited and translated by Max Meyerhof (Cairo: Government Press, 1928).

وحول مناقشة في نظرية جالينوس، انظر: Dols, *Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwān's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt,* pp. 10 - 24; *Ullmann, Islamic Medicine,* pp. 55 - 69; Rudolph E. Siegel, *Galen's System of Physiology and Medicine: An Analysis of His Doctrines and Observations on Bloodflow, Respiration, Tumors and Internal Diseases* (Basel; New York: Krager, 1968), pp. 211 - 241; Erich Schöner, *Das Viererschema in der Antiken Humoralpathologie,* Sudhoffs Archiv; 4 (Wiesbaden: Franz Steiner, 1964), and F. Kudlien and L. G. Wilson, «Galen,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 5, pp. 225 - 235.

عودة إلى طريقة مميزة للعصر الهلينستي، ولكنها كانت غائبة عن المقالات الوسيطة البيزنطية.

إن اسماً من أكبر الأسماء شهرة في الطب العربي في القرون الوسطى هو اسم أبي بكر محمد بن زكريا الرازي. لقد ولد الرازي في مدينة الري الفارسية سنة ٢٥١هـ/ ٨٦٥م ومات فيها حوالى ٣١٣هـ/ ٩٢٥م. وقد قدم لنا ريتشارد وولزر (Richard Walzer)، مؤرخ الفلسفة العربية، الرازي بقوله[٩]:

«إننا نشعر، عند قراءة كل سطر كتبه الرازي، بأننا أمام فكر عال، ورجل يعرف قدره الخاص دون أن يؤدي به ذلك إلى الغرور، وهو لا يحسب نفسه أدنى مستوى لا في الفلسفة ولا في الطب من أسلافه اليونانيين العظام، الذين يجلهم كمعلميه. وحسب رأيه، ليس بالإمكان التفوق على سقراط، أو أفلاطون، أو أرسطوطاليس، أو أبقراط، أو جالينوس. لكنه لا يتردد في تغيير استنتاجاتهم الفلسفية، عندما يشعر بأنه تجاوزها معرفة؛ كما لا يتردد في أن يضيف إلى مجموعة العلوم الطبية المتراكمة ما اكتشفه بنفسه بواسطة أبحاثه وملاحظاته الشخصية. ففي كل مرة، عندما كان يدرس مرضاً خاصاً، كان يبدأ بتلخيص جميع المعطيات التي يستطيع الحصول عليها حول هذا الموضوع من المصادر اليونانية والهندية المتوفرة في الترجمات العربية، ومن أعمال الأطباء العرب المحدثين. ولم يكن يفوته أبداً إضافة رأيه الخاص أو حكمه الشخصي؛ ولم يكن يعترف بكفاءة أية شخصية استناداً إلى شهرتها فقط».

لقد درس الفلسفة، والخيمياء، والموسيقى قبل أن يدرس الطب. وقد انتقده بعضهم، فيما بعد، على فلسفته الأفلاطونية المحدثة وعلى رفضه مبدأ السلطة المطلقة. واتهمه آخرون بالهرطقة، بسبب نظراته الفقهية، وبزج الناس في دروب الضلال وإضاعة ثرواتهم بدفاعه عن الخيمياء. وقد خدم في بلاط السامانيين في آسيا الوسطى، وأدار مستشفيات الري وبغداد. ويروى عنه أنه ساهم في تحديد موقع مستشفى بغداد الذي أسسه عضد الدولة. ويقال إنه علق شرائح من اللحم في أحياء مختلفة من المدينة، ثم اختار الموقع الذي كان فساد اللحم فيه أبطأ من غيره. غير أن المستشفى العضدي تأسس سنة ٣٧٠هـ/ ٩٨٠م، بعد موت الرازي بأكثر من خمسين سنة، لذلك يجب أن يكون هناك مستشفى أول، ومن الممكن أن يكون قد تأسس تحت حكم المعتضد (٢٧٩ ـ ٢٨٩هـ/ ٨٩٢ ـ ٩٠٢م)، حيث ساعد الرازي في اختيار موقعه ثم أصبح فيما بعد مديراً له.

إن مؤلفه **كتاب في الجدري والحصبة** هو الأكثر شهرة من بين جميع أعماله، إلا أنه ليس أقدم دراسة وافية حول هذا الموضوع. فثابت بن قرة (ت ٢٨٨هـ/ ٩٠١م) كان الرائد في هذا الموضوع، لكن بحثه لم يدرس حتى الآن، على الرغم من وجود نسخة منه حالياً في حلب. يظهر مؤلف الرازي جيداً اهتمامه بعلم المداواة، ويتباين تعمقه فيه بوضوح مع

---

(٩) انظر: Richard Walzer, *Greek into Arabic: Essays on Islamic Philosophy*, Oriental Studies; v. 1 (Oxford: Bruno Cassirer, 1962), p. 15.

صمت المقالات الهلينستية والبيزنطية، التي وصلتنا، حيال هذا الموضوع[١٠]. ويبين النص التالي اهتمامه بحماية قرنية العين من البثرات (الحبوب). وفي الواقع، كان الجدري، وحتى عهد قريب، سبباً رئيساً للعمى في الشرق الأوسط كما في غيره. فتعقيداته الأكثر شيوعاً هي الندبات القرنية وإتلاف القرنية بسبب البثرات. ولنر ما كتب الرازي في مقالته بهذا الخصوص[١١]:

«ينبغي كلما تظهر علامات الجدري أن نعنى بالعين خاصةً ثم بالحلق من بعد، ثم بالأنف والأذن والمفاصل على ما أصف، ربما احتاج أن نعنى مع ذلك بأسافل القدم وباطن الكف فإنه ربما حدث منها أوجاع شديدة بعسر خروج الجدري فيها من أجل صلابة الجلد هناك.

أقطر في العين كلما تظهر علامات الجدري ماء ورد مرة بعد مرة واغسل الوجه بالماء البارد مرات في اليوم ورش منه في العين أيضاً، فإن كان الجدري قليلاً ضعيفاً واكتفيت بهذا التدبير في أن لا يخرج في العين شيء، وإنما يفعل هذا استظهاراً فقط لأن الجدري الضعيف اليسير المادة لا يكاد يخرج منه في العين شيء، فأما إذا رأيته شديد الثوران كثير العدد في أول خروجه واحتكت الأجفان واحمر بياض العين وكان مواضع منها خاصةً لشدة حمرة فإنه سيخرج في تلك المواضع إن لم تقوها غاية التقوية، فاقطر في هذا الوقت في العين

(١٠) يبدأ الرازي مقالته بالدفاع عن جالينوس ضد أولئك الذين يزعمون بأن هذا الأخير لا يعرف شيئاً عن الجدري، فيستشهد الرازي بثلاثة مقاطع من ثلاث مقالات من المدرسة الجالينوسية يقول فيها إن جالينوس يشير فيها إلى الجدري. انظر: Abū Bakr Muḥammad Ibn Zakarīyā al-Rāzī, *De variolis et morbillis, arabics et latine, com alliis nonnullis eiusdem argumenti,* edited by Ioanne Channing (London: Bowyer, 1766); english translation by William Alexander Greenhill, *A Treatise on the Small-Pox and Measles* (London: Syndenham Society, 1848), p. 144, note D, reprinted: Medical Classics vol. 4, no. 1 (Baltimore, Mad.: Williams and Wilkins, 1939).

وفي منتخبات الترجمات العربية التي جمعها الرازي في كتاب **الحاوي** فقد فسر هذا الأخير خطأ الكلمات العربية في بعض الأحيان؛ والمقصود هو الخطأ الشائع، فتغير صغير في الحركات، باللغة العربية، يغير الكلمة بالكامل. وللأمثلة على ذلك، انظر: Emilie Savage - Smith, «Hellenistic and Byzantine Ophthalmology: Trachoma and Sequelae,» *Dumbarton Oaks Papers,* vol. 38 (1984), pp. 169 - 186.

(١١) انظر: Al-Rāzī, Ibid., pp. 106 - 118.

أعيدت الترجمة عن تلك العائدة لغرين هيل (Greenhill)، ولكن مع تغييرات جذرية (ص ٥١ ـ ٥٣). وتوضح ترجمة غرين هيل، بدورها، ارتباطاً قوياً مع ترجمة توماس ستاك (Thomas Stack) الموجودة عند ريتشارد ميد. انظر: Richard Mead, *A Discourse on the Small - Pox and Measles,* to which is annexed a treatise on the same disease by the celebrated arabian physician Abubekr Rhazes, the whole translated into english, under the author's inspection, by Thomas Stack (London: Brindley; Dublin: Printed by George Faulkner, 1748), pp. 97-204.

ماء ورد قد نُقع فيه سماق مرات في اليوم، وأقوى من ذلك أن تَحُلَّ عفصة بماء ورد وتقطر منه في العين أو تقطر فيها من شحم الرمان الحامض يمضغ أو يقطر فيها من خرقة وتطلى الأجفان بشياف متخذ من الماء ميثاً والحصرم والحضض والصبر والأقاقيا من كل واحد جزء زعفران عشر جزء، وإن قطرت في العين من هذا الشياف نفع في هذا الوقت، وإن رأيت المادة قوية والجدري كثير الخروج جداً وحدست أنه لا بد أن يخرج في العين كما ترى من احمرار مواضع من بياض العين فضل حمرة ونتوها ورأيت ما تقطر فيها مما وصفت لا يدفع ذلك ويذهب به بل تسكنه حيناً ثم يعاود بأقوى مما كان أو بمثل حالة كانت أن تعالجه ولا تقطر فيها حينئذ هذه ونحوها بل قطر فيه شيئاً من المري(١٢) النبطي الذي لا خل فيه ولا حموضة البتة.

والجدري الذي يخرج في القرنية بحذاء الناظر وبمقدار غلظه ورقته يحتاج أن تعالج بعد ذلك بالأدوية التي تحلو حلاً قوياً مما سنذكرها وربما أنجحت وربما لم أنجح وذلك إذا كان الأمر غليظاً أو كان في بدن صلب أو مسن وإن خرجت جدريات عظيمة في سواف العين فحك الكحل بماء ورد وقطره فيها مرات في اليوم وألزمه الرفادة والشد أو قطر فيها من الشياف المذكور بعد أن يطرح عنه الزعفران ويزيد فيه جزءاً من الشادنة لئلا يحدث نتو عظيم فهذا ما يحتاج إلى معرفته من أمر العين في هذا الموضع».

كتب الرازي، بالإضافة إلى الطب، في مواضيع أخرى عديدة، كالمنطق، والفلسفة، والدفاع عن الخيمياء، إلا أن مؤلفاته الطبية طغت بكميتها على بقية المواضيع. فقد كان كتاب الطب الذي قدمه للمنصور **كتاب المنصوري في الطب** موجزاً عاماً في الطب أهداه سنة ٢٩٠هـ/ ٩٠٣م إلى الأمير الساماني أبي صالح المنصور بن اسحاق، حاكم الري؛ وكان لهذا الكتاب تأثير كبير. كما نحصي، من بين مؤلفاته الأقل أهمية، **معالجات في القولنج، وفي حصى الكليتين والمثانة، وفي المعالجة خلال ساعة للأمراض** (مثل الصداع، ووجع الأسنان، والبواسير، وإسهال الطفل الرضيع)، **وفي أمراض الطفولة، وفي السكري،**

(١٢) المُرْي هو تحضير أساسه السمك المالح، وهو عادة صلصة مخمرة مصنوعة من أمعاء السمك، مملحة ومنقوعة في عجينة. وتركيبه الدقيق متغير تبعاً للسمك والمواد المستعملة. ولا نفهم لماذا اعتبر المري تحضيراً نبطياً. وحول مناقشة المري في المقالات العربية، واليونانية ـ الرومانية أيضاً، انظر الملحوظات من كارل غاربرز إلى يعقوب بن اسحق الكندي، في: Abū Yussef Yāqub Ibn Isḥāq al-Kindī, *Kitāb Kīmiyā' al-'Iṭr wa al-tas'īdāt,* Buch über die Chemie des Parfüms und die Destillationen ein Beitrag zur Geschichte der Arabischen Parfümchemie und Drogenkunde aus dem 5. Jahrh. P. C. übers. von Karl Garbers, Abhandlungen fur die Kunde des Morgenlandes; 30 (Leipzig: F. A. Brockhaus, 1948), pp. 282 - 283, no. 79.

انظر أيضاً: Robert J. Curtis, «Salted Fish Products in Ancient Medicine,» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences,* vol. 39 (1984), pp. 430 - 445.

وفي **الحمية الغذائية للمرضى**، وفي **أمراض المفاصل**، **وفي الطب لمريض بدون طبيب**، **وفي جوامع الكلم الطبية**، وفي واقع أن بعض الأمراض غير الخطرة وهي أكثر صعوبة في التشخيص والمعالجة من الأمراض الخطرة. كما ألف كتاباً عن سبب إصابة رؤوس بعض الأشخاص في زمن تفتح زهر الورد، بالأوديما، مع حدوث زكام شديد ملازم. وبذلك كان السبّاق في وصف الربو الذي تسببه الورود.

وبعد كتابه الأول المذكور سابقاً فإن **كتاب الحاوي في الطب** هو أشهر مؤلفاته على الاطلاق. فبالإضافة إلى كونه موجزاً مبالغاً في الدقة، فهو كتاب ضخم في العموميات حيث ضمنه منتخبات المؤلفين القدماء المتعلقة بالأمراض وعلم المداواة مضيفاً إليها خبراته السريرية الشخصية. وبعد موت الرازي، باعت أخته الملحوظات المكونة لـ **كتاب الحاوي** إلى ابن العميد، رجل الدولة والبحاثة، الذي عينه الأمير البويهي ركن الدولة ٣٢٧هـ/ ٩٣٩م، وزيراً له، وكان مقيماً بالري. ومن ثم اتفق ابن العميد مع تلامذة الرازي على ترتيب هذه الملحوظات وجعلها سهلة للاستعمال. إن **كتاب الحاوي** يشكل مصدراً ذا أهمية رئيسة لمعرفة الكتابات، التي هي ضائعة حالياً، والعائدة إلى اليونانيين والهنود والعرب الأوائل، وذلك لأن الرازي قد اهتم كثيراً بإظهار تقديره لهذه المصادر. بالإضافة إلى ذلك، فإن الحالات السريرية، وهي ليست الوحيدة، هي الأكثر عدداً وتنوعاً من بين ما كُتب في الأدب الطبي العربي. وقد صنف **الحاوي** المعطيات تبعاً للأمراض المختلفة. وتضمنت هذه المعطيات مقاطع منفصلة في موضوعات علم صناعة العقاقير.

إن أوصاف الحالات الخاصة التي عالجها الرازي، مبعثرة في مجمل **كتاب الحاوي**. لكن مجموعة من أربع وثلاثين حالة متشابهة قد وضعت بقصد ظاهر يتمثل في إيجاد علاقة متبادلة بينها وبين الحالات السريرية الواردة في كتاب أبقراط **الأوبئة**. وسنعطي مثالين على ذلك. أحدهما يتعلق بالتهاب حاد للكلية إثر إصابة بالحصبة، ويصف الرازي هذا الالتهاب على الشكل التالي[١٣]:

«رجل من بني سوادة: حم من حلقه[١٤] صفراوية، فلما كان في الرابع مع الصبح بال دماً، واختلف مرة خضراء مع دموية تشبه غسالة اللحم الطري، وسقطت قوته وأنكرنا ذلك، لأن علته كانت ساكنة هادئة ثم انتقلت في ليلة واحدة إلى مثل هذه الحدة والشدة،

---

(١٣) انظر: أبو بكر محمد بن زكريا الرازي، **كتاب الحاوي في الطب**، صحح عن النسخة الوحيدة المحفوظة في مكتبة اسكوريال تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية، منشورات دائرة المعارف العثمانية؛ ٤ (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٥ ـ ١٩٦٨)، ص ٢٠١، و
Max Meyerhof, «Thirty - three Clinical Observations by Rhazes (Circa 900 A.D.),» *Isis*, vol. 23, no. 66 (1935), pp. 343 - 355, no. 24.

(١٤) تبعاً لنص مايرهوف (المذكور في الهامش السابق) يقرأ «من حَلْقِهِ»، بينما في نص حيدر آباد يُقرأ «من خِلْفَه».

وتوهمنا أنه سقي شيئاً؛ فلما كان عند العصر بال بولاً أسود واختلف أيضاً مراراً أسود ومات صبيحة اليوم السادس وكانت به حصبة رديئة بالرئة مائلة إلى داخل».

والمثل الآخر يورده الرازي لكي يبين الأخطار الممكنة من جراء استعمال الأدوية المهدئة للسعال. ومن الظاهر أن المريض كان يعاني سلاً رئوياً:

«جاءنا الشيخ المسلول، ما زال ينفث دماً كثيراً مدة طويلة، ثم إن الأمر اشتد به، فسقي بنادق مانعة من السعال فخف عليه كل ما كان به وبرأ برءاً تاماً، ثم مات ولم أكن متفقداً لحاله في هذه الأيام. فينبغي أن يمنع من المانعة للنفث إلا حيث ينحدر ما له من الرأس»[١٥].

ويذكر الرازي في مكان آخر من **كتاب الحاوي** طريقة كان قد استعملها لتحديد المعالجة الفضلى الممكنة للمرضى الذين، كان يعتقد أنهم مصابون بالتهاب السحايا:

«إذا دام الثقل والوجع في الرأس والعنق يومين ثلاثة، وأربعة وخمسة وأكثر، ويحيد البصر عن الضوء، وتدر الدموع، ويكثر التثاؤب والتمطي، وسهر شديد به، ويحدث الإعياء الشديد، فإنه ينتقل العليل بعد ذلك إلى السرسام، . . . فإن كان الثقل في الرأس أكثر من الوجع، ولم يكن سهر، لكن نوم، فكانت الحرارة أسكن والنبض عظيماً غير سريع، ينتقل إلى ليثرْغس.

فمتى رأيت هذه العلامات، فتقدم في الفصد. **فإني قد خلصت جماعة به، وتركت متعمداً جماعة، استدني بذلك رأياً، فسرسموا كلهم**»[١٦].

حتى وإن لم نعد نقبل الآن بالعلاقة بين الفصد وتجنب التهاب السحايا، إلا أننا نسجل أن الأسلوب الذي اتبعه الرازي في معالجة بعض المرضى بطريقة مختلفة عن معالجة بعضهم الآخر، ينم عن خيال واسع مبدع ينبئ باستحداث طرق تجريبية لاحقة.

يظهر الرازي في جميع كتاباته حساً مرهفاً في فن الشفاء، لكنه يهمل، بعكس الكتّاب المتأخرين، التصنيف الدقيق لعوارض الأمراض. ولم يمنعه تقديره لجالينوس من تصحيح كتابات هذا الأخير، مركزاً انتقاداته بخاصة على مجالات التطبيقات المنطقية والسريرية. فهو يقول مثلاً[١٧] إنه خلال تجربته في مستشفيات بغداد والري، رأى حالات كثيرة لم تتطابق تطوراتها مع الأوصاف التي أوردها جالينوس فيما خص أنواع الحمى ويؤكد أيضاً فيما

(١٥) الرازي، المصدر نفسه، ص ٢٠٢ ـ ٢٠٣، و Meyerhof, Ibid., pp. 344 - 345, no. 27.

(١٦) مخطوطة أوكسفورد، مكتبة بودلين، مارش ١٥٦، الورقة ١٦٧أ، الأسطر ٦ ـ ١٢، وألبير زكي إسكندر، «الرازي الطبيب الإكلينيكي،» نصوص من مخطوطات لم يسبق نشرها، **المشرق**، السنة ٥٦، الجزء الثاني (آذار/ مارس ـ نيسان/ ابريل ١٩٦٢)، ص ٢٣٨ ـ ٢٣٩.

(١٧) Shlomo Pines, «Al-Rāzī,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 11, pp. 325 - 326.

يتعلق ببعض الآفات البولية غير الخطرة، أنه إذا كان جالينوس لم يحص سوى حالات ثلاث، فهو (أي الرازي) قد رأى المئات منها؛ ولذلك فإنه أعلم منه في هذا الموضوع. وعلى الرغم من انتقادات الرازي حول نقاط محددة، نستطيع الاستنتاج بأنه يعتبر النظرية الطبية صالحة بالنسبة إلى أهدافه؛ لذلك لم يظهر أية رغبة في تغيير أسسها النظرية. وإذا كان **كتاب الحاوي** يمثل مجموعة مميزة من الملاحظات السريرية، ومن مختارات لأصحاب الشأن السالفين، فإنه مع ذلك، لم يسلم من التعرض للانتقاد.

ولد علي بن العباس المجوسي، على وجه التقريب، في الفترة التي مات فيها الرازي، وأصله من عائلة زرادشتية من مدينة الأهواز الفارسية، غير البعيدة عن جنديسابور. وقد مارس مهنة الطب في بغداد، وكان طبيب الأمير البويهي عضد الدولة فنّا خُسرو، مؤسس المستشفى العضدي في بغداد. وقد أهداه المجوسي مؤلفه **كتاب الكامل في الصناعة الطبية** الذي عرف بـ **الكتاب الملكي**. وهو موجز ومن أكبر وأفضل الكتب تنظيماً في الأدب الطبي العربي الحديث آنذاك.

يبدأ المجوسي مؤلفه بنقد سريع لمصادره المستقاة من سبعة مؤلفين مختلفين وهم: أبقراط، وجالينوس، وأورباسس (٣٢٦ ـ ٣٠٢م) الذي كان طبيب يوليانوس الجاحد، وبولس الإيجيني الذي كتب في الإسكندرية إبان دخول العرب إليها ٢١هـ/ ٦٤٢م، ومعاصره أهرون القس، ويوحنا بن سرابيون الذي كتب حوالى ٢٥٩هـ/ ٨٧٣م رسالة في الطب بالسريانية، والرازي. وبعد مناقشة الملخص الطبي للرازي المهدى إلى المنصور، يقول المجوسي، متفحصاً **كتاب الحاوي**:

«فأما كتابه المعروف **بالحاوي** فوجدته قد ذكر فيه جميع ما يحتاج إليه المتطببون من حفظ الصحة ومداواة الأمراض والعلل التي تكون بالتدبير بالأدوية والأغذية وعلاماتها ولم يغفل عن ذكر شيء مما يحتاج إليه الطالب لهذه الصناعة من تدبير الأمراض والعلل غير أنه لم يذكر فيه شيئاً من الأمور الطبيعية كعلم الاستقصات والأمزجة والأخلاط وتشريح الأعضاء ولا العلاج باليد ولا ذكر ما ذكره من ذلك على ترتيب ونظام ولا على وجه من وجوه التعاليم ولا جزأه بالمقالات والفصول والأبواب على ما يشبه علمه ومعرفته بصناعة الطب وتصنيف الكتب إذ كنت لا أنكر فضله ولا أدفع علمه بصناعة الطب وحسن تأليفه للكتب والذي يقع لي من أمره أو أتوهمه على ما يوحيه القياس من علمه وفهمه في هذا الكتاب إحدى الحالتين إما أن يكون وضعه وذكر فيه ما ذكره من جميع علم الطب ليكون تذكرة له خاصة يرجع إليه فيما يحتاج إليه من حفظ الصحة ومداواة الأمراض عند الشيخوخة ووقت الهرم أو النسيان أو خوفاً من آفة تعرض لكتبه فيعتاض منها بهذا الكتاب وكذلك لكثرة تجريده التآليف من التعظيم وإما لأن ينتفع الناس به ويكون له ذكر حسن من بعده فعلق جميع ما ذكره فيه تعليقاً ليعود فيه فينظمه ويرتبه ويضيف كل نوع منه إلى ما يشاء كله ويثبته في بابه على ما يليق بمعرفته لهذه الصناعة فيكون الكتاب بذلك كاملاً تاماً فعاقه عن ذلك

عوائق وجاءه الموت قبل إتمامه فإن كان إنما قصد به هذا الباب فقد طول فيه الكلام وعظمه من غير حاجة اضطرارية دعته إلى ذلك حتى قد عجز أكثر العلماء عن نسخه واقتنائه إلا اليسير من ذوي اليسار من أهل الأدب فقل وجوده وذلك أنه ذكر في صفة كل واحد من الأطباء وأسبابه وعلاماته ومداواته ما قاله كل واحد من الأطباء القدماء والمحدثين في ذلك المرض من أبقراط وجالينوس إلى اسحق بن حنين وما كان بينهما من الأمراض القدماء والمحدثين ولم يترك شيئاً مما ذكره كل واحد منهم من ذلك إلا وأورده في هذا الكتاب وعلى هذا القياس فقد صارت جميع كتب الطب محصورة في كتابه هذا وينبغي أن تعلم أن حذاق الأطباء ومهرتهم متفقون في وصفهم لطبائع الأمراض وأسبابها وعلاماتها ومداواتها وليس بينهم في ذلك خلاف إلا بالزيادة والنقصان أو في بعض الألفاظ إذ كانت القوانين والطرق التي يسلكونها في تعرف الأمراض والعلل وأسبابها ومداواتها طرقاً واحدة بأعيانها وإذا كان الأمر كذلك فالحاجة إلى أن يأتي بأقاويل القدماء والمحدثين من الأطباء وتكرار أقاويلهم إذ كان كل واحد منهم يأتي بمثل ما أتى به الآخر.

. . . فقد كان ينبغي له ولا أرد عليه أن يقتصر من أقاويل هؤلاء على البعض ويكتفي باستشهاده على ما يحتاج إليه ويهتدي بأفضلهم علماً وأشدهم تقدماً في الصناعة وأحسنهم وصفاً وأكثرهم تجربة ليخف بذلك الكتاب على من يريد اقتناءه ونسخه ولا يطول الكتاب ويعظم ولينتشر ذلك في أيدي الناس ويكثر وجوده فإني إلى حيث انتهيت ما علمت أن نسخته إلا عند نفسين من أهل الأدب والعلم واليسار»[١٨].

من الجلي، إذاً، وخلال خمسين سنة بعد وفاة الرازي، أن يكون من الصعب الحصول على نسخات عن هذا المنجم الواسع من المعلومات الطبية، **فكتاب الحاوي** وكما ذكر المجوسي، طويل للغاية ونسخه مكلف جداً (فالنسخة الحديثة المطبوعة، وغير الكاملة تشتمل على ثلاثة وعشرين مجلداً). وبعد انتقاده للرازي بسبب استشهاداته بعدد كبير من المؤلفين من الدرجة الثانية، ولعدم تنظيمه للمعلومات ولإهماله التشريح والجراحة، حاول المجوسي عندئذ إعداد نموذج للتنظيم وللمنهجية.

لقد قسم مؤلفه إلى كتابين رئيسين، يختص **الأول** بالمبادئ النظرية، **والآخر** بالجوانب التجريبية. ويحوي كل كتاب عشرة فصول ويتضمن أقساماً وقسيمات وفق نموذج تنظيمي معد ومميز للكتابة العربية في القرون الوسطى. ويحوي الكتاب **الأول** النظري المواضيع التالية:

١ ـ المصادر التاريخية والمبادئ العامة في العناصر، والأمزجة وامتزاجاتها المؤلفة لمختلف أجزاء الجسم.

---

(١٨) أبو الحسن علي بن العباس المجوسي، **الكتاب الكامل في الصناعة الطبية المعروف بالملكي**، ٢ ج (القاهرة: بولاق، ١٢٩٤ هـ/ ١٨٧٧ م)، ج ١، من ص ٥، السطر ٣ إلى ص ٦، السطر ٣.

٢ ـ علم تشريح الأجزاء المتجانسة (كالعظام، والأوردة الدموية، والغضروف، واللحم، والشعر، والأظافر، والغشاءات).

٣ ـ علم تشريح الأجزاء غير المتجانسة (كالعضلات، والدماغ، والعيون، والأنف، والرئتين، والقلب، والكلية. . . الخ).

٤ ـ الملكات الثلاث (الطبيعية، والحيوانية، والنفسية)، وأسباب الموت، والإدراك الحسي، ونسمة الحياة.

٥ ـ الظواهر الست «غير الطبيعية»، أي الفراغ والرياح، والحركة والسكون، والشرب والأكل، والنوم والصحوة، والإخلاء والاحتفاظ (وتشمل الحمام والتزاوج)، والانفعالات.

٦ ـ تصنيف الأمراض وأسبابها.

٧ ـ عوارض الأمراض والتشخيص بواسطة النبض، والبول، وأنواع الحمى، والأورام، والنفث، واللعاب، والعرق.

٨ ـ الأمراض الخارجية الظاهرة، بما فيها أنواع الحمى، والأورام، والآفات المتوضعة سطحياً (كالجدري، والبرص، والجرب، والحكة الشديدة، وداء القمل)، والأمراض الخارجية المرتبطة تحديداً ببعض أجزاء الجسم، والجروح، واللدغات، وعضات الحيوانات ولسعات الحشرات، والتسممات.

٩ ـ أسباب وعوارض الأمراض الداخلية (كالصداع، وداء النقطة، والسوداوية، والرمد، وأمراض الأذن، وإصابات الجهاز الهضمي. . . الخ).

١٠ ـ العلامات المؤذنة بقرب المرض، أو دنو آفة قاسية وطويلة، أو الموت أو الشفاء، أو الإصابة ثانية بالمرض.

أما الكتاب **الثاني** التطبيقي، فيحتوي على عشرة فصول في المواضيع التالية:

١ ـ مبادىء الصحة العامة، والحمية، والعلاجات التجميلية، والشفائية.

٢ ـ علم المداواة بالمفردات أي بالنباتات الطبية.

٣ ـ علاج أنواع الحمى والأوديمات.

٤ ـ علاج أمراض الجلد والحروق، والعضات والتسممات.

٥ ـ علم مداواة أوجاع الرأس، والعيون، والآذان، والأنف، والفم.

٦ ـ علاج الأمراض التنفسية.

٧ ـ علم مداواة أمراض الجهاز الهضمي.

٨ ـ علاج أمراض الأعضاء التناسلية والمولدة.

٩ ـ العمل باليد، أي الجراحة، وتشمل: الفصد، والكي، وجراحة أجزاء الجسم المختلفة، وبالترتيب التالي: العيون، والآذان، والأنف... الخ. تجبير الكسور والتواء المفاصل.

١٠ ـ وصفات تراكيب العقاقير المركبة.

وكان في ذلك الوقت في الأندلس، في الجزء الغربي من الأراضي العربية، طبيب مشهور هو أبو القاسم خلف بن العباس الزهراوي، وهو معاصر للمجوسي ومارس الطب فترة من الزمن في قرطبة تحت حكم الأموي الإسباني عبد الرحمن الثالث الناصر من سنة ٣٠٠هـ/ ٩١٢م إلى سنة ٣٥٠هـ/ ٩٦١م. وقد ألف هو أيضاً مجموعة ضخمة ضمت المعلومات الطبية التي كانت معروفة في ذلك العصر. وكان عنوان تلك الموسوعة **كتاب التصريف لمن عجز عن التأليف**.

لقد حوى هذا الكتاب ثلاثين مقالة، حيث اشتملت المقالة الأولى على المبادىء العامة (كالعناصر، والأمزجة، والأطباع، والتشريح)، بينما تطرقت المقالة الثانية، وهي الأضخم بين هذه المقالات على الاطلاق، إلى عوارض وعلاج ٣٢٥ مرضاً، وقد جاء العرض تبعاً لترتيب طبيعي بدءاً بالرأس وحتى القدمين. أما بقية المقالات فهي قصيرة نوعاً ما وتتناول صناعة العقاقير، والحميات. وتدرس المقالة الثالثة عشرة، وهي طويلة نسبياً، الجراحة، وهي مقسمة إلى ثلاثة أجزاء: الكي، والشرط والفصد، والتثبيت العظمي، مع رسوم للآلات الطبية. وقد كان لهذه المقالة أثر كبير في الجراحة حيث انتشرت وحدها بشكل مستقل عن مقالات الموسوعة. وقد أعدت ترجمة تركية لها سنة ٨٦٩هـ/ ١٤٦٥م مخصصة للسلطان العثماني محمد الثاني الفاتح، الذي استولى على القسطنطينية قبل ذلك الوقت باثنتي عشرة سنة.

إن المصدر الرئيس لِـ **كتاب التصريف** هذا، ولا سيما فيما يتعلق بالجراحة، هو الموسوعة الطبية التي كتبها بولس الإيجيني في الإسكندرية في منتصف القرن السابع الميلادي، والتي كانت متوفرة في ترجمتها العربية. وعلى الرغم من كون الموسوعة ذات طبيعة تجميعية بشكل أساسي، إلا أنها غالباً ما تضمنت ملاحظات الزهراوي وآراءه الشخصية. وقد أشار بعضهم[١٩] إلى أنه استند إلى **كتاب الحاوي** للرازي أكثر من استناده إلى مؤلف بولس الإيجيني، وحجتهم في ذلك أن فقرات كاملة في الموسوعة قد نقلت حرفياً عن **كتاب الحاوي**. فإذا صح هذا الادعاء، فمن شأنه أن يشير إلى الانتشار السريع لهذا

---

(١٩) انظر: Sami Khalaf Hamarneh and Glenn Sonnedecker, *A Pharmaceutical View of Abulcasis (al-Zahrāwī) in Moorish Spain, with a Special Reference to the «Adhān»*, Janus, Suppléments; v. 5 (Leiden: E. J. Brill, 1963), p. 51.

الأخير، وذلك لأن **كتاب الحاوي** لم يجمع في بلاد فارس إلا بعد موت مؤلفه حوالى ٣١٣هـ/ ٩٢٥م، في حين وضع الزهراوي **كتاب التصريف** في إسبانيا حوالى منتصف القرن نفسه أو في الربع الثالث منه. ومن المحتمل أيضاً أن يكون الرازي والزهراوي في الوقت نفسه قد نسخا المراجع نفسها.

أما الاسم الأكثر شهرة بين جميع الأطباء العرب فلربما كان أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، الذي ولد سنة ٣٧٠هـ/ ٩٨٠م في مدينة قريبة من بخارى في آسيا الوسطى. وبعد أن درس الفلسفة والطب، تجول في الأراضي العربية الشرقية. وشغل لبعض الوقت منصب وزير لدى الحاكم البويهي شمس الدولة أبي طاهر (٣٨٧ ـ ٤١٢هـ/ ٩٩٧ ـ ١٠٢١م)، في همذان، في بلاد الفرس الغربية، غير بعيد عن بغداد، وتوفي سنة ٤٢٨هـ/ ١٠٣٧م. وكان معروفاً كواحد من أكبر فلاسفة الإسلام، وطبقت شهرته الآفاق في مجال الطب حتى إنه شبه بجالينوس. وقد كان مؤلفاً غزير الإنتاج، إذ نعرف له ٢٧٠ مؤلفاً تقريباً. ومن بين أعماله القصيرة، قصيدة تعليمية في الطب، وأخرى في الصحة الجنسية، ومقالة عن العقاقير الخاصة بالقلب، والتي تلعب دوراً في فيزيولوجيا وعلم الأمراض القلبية، وحول تأثير العواطف على الجهاز القلبي ـ العروقي، وحول العقاقير البسيطة التي تنظم نبضات القلب، ومقالات في الفصد، والتشخيص بواسطة التنفس والنبض، ومؤلفات في أمراض القولنج، وأنواع الحمى المتقطعة، والسكري، والصحة، والحمية.

أما إنجاز ابن سينا الكبير، والذي اشتهر به في الشرق والغرب فهو كتاب **القانون في الطب**. فقد أمضى في تأليفه مدة طويلة؛ ابتدأ فيه عندما كان في جرجان في شمال بلاد فارس، وتابع التأليف أثناء هجرته غرباً إلى الري، ثم أكمل عمله في همذان في الجنوب الغربي. لقد نافست هذه الموسوعة الكبيرة الكاملة الكتاب الشهير العائد للمجوسي وتجاوزته في عدد من المواضيع. وبعكس الرازي والمجوسي، لم يورد ابن سينا استشهادات من المصادر. وقد قسم موسوعته هذه إلى خمس مقالات.

تتألف **المقالة الأولى** من أربعة أجزاء تتناول:

١ ـ العناصر، والأمزجة، وعلم تشريح الأجزاء المتجانسة (كالعظام، والعضلات، والأعصاب، والأوردة، والشرايين) والملكات الثلاث.

٢ ـ الملكات الست «غير الطبيعية»، والعوارض العامة للأمراض والتشخيص بالنبض، والبول والبراز.

٣ ـ علم الصحة والحمية، والحالة المرضية عند الأطفال وعند البالغين والشيوخ، وتأثير التغيرات المناخية، والنصائح الطبية للمسافرين.

٤ ـ طرق العلاج العامة والحاوية على المسهلات، والمقيئات، والغسل، والتهيجات،

والمراهم، والفصد، والكي، والأعمال الجراحية كالبتر، وتخفيف الألم.

تهتم **المقالة الثانية** من **القانون** بالمفردات أي (الأعشاب الطبية) المصنفة تبعاً للترتيب الهجائي متبعة بذلك مقالاً في الصفات العامة للعقاقير.

وتغطي **المقالة الثالثة** الأمراض الخاصة ببعض أجزاء الجسم، وقد وردت بالترتيب من الرأس وحتى أخمص القدمين، كما تعرض تشريح الأجزاء المركبة أو غير المتجانسة، وكذلك أسباب، وعوارض، وعلاج كل مرض.

أما **المقالة الرابعة** فإنها تهتم بالأمراض غير المختصة بأي جزء من الجسم، وهي تقسم إلى أربعة أقسام:

١ ـ أنواع الحمى.

٢ ـ البثرات، والخراجات، والقرحات، والتورمات، والبرص، والجدري، والجروح، والكسور، والتواءات المفاصل.

٣ ـ العدوى، وعضات الحيوانات ولسعات الحشرات.

٤ ـ التجميل، والسمنة والنحول، والاعتناء بالشعر والجلد والأظافر، وكذلك الروائح الكريهة.

أما **المقالة الخامسة** والأخيرة فإنها تحوي صيغ العقاقير المركبة المستعملة في المقالتين الثالثة والرابعة.

يبدأ ابن سينا كتاب **القانون** بما يمكن اعتباره نقداً مبطناً للمجوسي لقسمة كتابه إلى قسمين، نظري وعملي:

«أقول: إن الطب علم، تعرف منه أحوال بدن الإنسان، من جهة ما يصح ويزول عنها؛ لتحفظ صحة حاصلة، وتسترد زائلة. ولقائل أن يقول: إن الطب ينقسم إلى نظر وعمل، وأنتم قد جعلتموه كله نظراً، إذ قلتم: إنه علم. وحينئذ نجيبه ونقول: إنه يقال: إن من الصناعات ما هو نظري وعملي، ومن الفلسفة ما هو نظري وعملي ويقال: إن من الطب ما هو نظري، ومنه ما هو عملي. ويكود المراد في كل قسمة بلفظ النظري والعملي شيئاً آخر. لا نحتاج الآن إلى بيان اختلاف المراد في ذلك، إلا في الطب.

فإذا قيل: إن من الطب ما هو نظر ومنه ما هو عمل، فلا يجب أن يظن أن مرادهم فيه، هو أن أحد قسمي الطب هو تعلم العلم، والقسم الآخر هو المباشرة للعمل، كما يذهب إليه وهم كثير من الباحثين عن هذا الموضع؛ بل يحق عليك أن تعلم أن المراد في ذلك شيء آخر؛ وهو أنه ليس ولا واحد من قسمي الطب إلا علماً، لكن أحدهما علم أصول، والآخر علم كيفية المباشرة. ثم يخص الأول منهما باسم العلم أو باسم النظر،

ويخص الآخر باسم العمل.

فنعني بالنظري منه ما يكون التعليم فيه مفيداً لاعتقاد فقط، من غير أن يتعرض لبيان كيفية عمل؛ مثل ما يقال في الطب: إن أصناف الحميات ثلاثة، وإن الأمزجة تسعة. ونعني بالعملي منه لا العمل بالفعل، ولا مزاولة الحركات البدنية، بل القسم ومن علم الطب الذي يفيد التعليم فيه رأياً، ذلك الرأي متعلق ببيان كيفية عمل؛ مثل ما يقال في الطب: إن الأورام الحارة يجب أن يقرب إليها في الابتداء ما يردع، ويبرد، ويكثف، ثم من بعد ذلك تمزج الرادعات بالمرخيات، ثم بعد الانتهاء إلى الانحطاط يقتصر على المرخيات المحللة؛ (اللهم) إلا في أورام تكون عن مواد، تدفعها الأعضاء الرئيسة. فهذا التعليم يفيدك رأياً هو بيان كيفية عمل. فإذا علمت هذين القسمين، فقد حصل لك علم علمي وعلم عملي؛ وإن لم تعمل قط»[٢٠].

يبدع ابن سينا بعامة في التقدير المنطقي لحالة ما وفي مقارنة العوارض. فعرضه الموجز مثلاً، الذي يدرس الاختلاف بين الجدري والحصبة، هو أوضح بكثير من كل ما كتبه الرازي في هذا الموضوع، علماً أن هذا الأخير قد أبدع في فن الشفاء. يقول ابن سينا[٢١]:

«اعلم أن الحصبة كأنها جدري صفراوي لا فرق بينهما في أكثر الأحوال، إنما الفرق بينهما أن الحصبة صفراوية وأنها أصغر حجماً وكأنها لا تجاوز الجلد ولا يكون لها سمك يعتد به وخصوصاً في أوائله والجدري يكون له في أول ظهوره نتوء وسمك وهي أقل من الجدري وأقل تعرضاً للعين من الجدري، وعلامات ظهورها قريبة من علامات ظهور الجدري لكن التهوع فيها أكثر والكرب والاشتعال اشد ووجع الظهر أقل لأن ميله في الجدري للامتلاء الدموي الممدد للعرق الموضوع على الظهر فإن تولد الجدري هو لكثرة الدم الفاسد والحصبة لشدة رداءة الدم الفاسد القليل، والحصبة في الأكثر تخرج دفعة والجدري شيئاً بعد شيء».

تتوضح مقاربة ابن سينا لعلم المداواة في فصله حول تخفيف الألم[٢٢]:

---

(٢٠) أبو علي حسين بن عبدالله بن سينا، **القانون**، I، ١، i، ١. للحصول على النص، انظر: Abū ‘Ali Husain Ibn ‘Abd Allah Ibn Sīnā, *Al-Qānūn fī al-ṭibb, Book One: Critical Edition, Prepared under the Auspices of the Institute of Medicine and Medical Research* (New Delhi: Vikas Publishing House, 1982), pp. 33 - 34.

(٢١) ابن سينا، المصدر نفسه، IV، ١؛ ii. النص هو لابن سينا، انظر: أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، **القانون في الطب** (بغداد: المثنى، ١٩٧٠ (؟))، مج ٣، ص ٦٨، الأسطر ٢٦ ـ ٣٢، طبعة مجددة عن (القاهرة: بولاق، ١٢٩٤هـ/ ١٨٧٧م). انظر أيضاً: Abū ‘Ali Husain Ibn ‘Abd Allah Ibn Sīnā, *Al-Qānūn fī al-ṭibb* (Rome: Typographia Medicea, 1593), p. 36.

(٢٢) ابن سينا، **القانون**، I، ٤، v، ٣٠. حول النص، انظر: Ibn Sīnā: *Al - Qānūn fī al-ṭibb,* =

«وجملة ما يسكن الوجع إما مبدل لمزاج، وإما محلل لمادة، وإما مخدر. والتخدير يزيل الوجع لأنه يذهب بحس ذلك العضو. وإنما يذهب بحسه لأحد سببين: إما بفرط التبريد؛ وإما بسمية فيه مضادة لقوة ذلك العضو. . .

والمخدرات أقواها الأفيون. ومن جملتها اللفاح، وبزره، وقشور أصله، والخشخاشان، والبنج، والشوكران، وعنب الثعلب المخدر، وبزر الخس. ومن هذه الجملة الثلج والماء البارد. وكثيراً ما يقع الغلط في الأوجاع فتكون أسبابها أموراً من خارج مثل حر أو برد، أو سوء وساد، أو فساد مضطجع، أو صرعة في السكر وغيره، فيطلب لها سبب من البدن فيغلط. فلهذا يجب أن يتعرف ذلك، ويتعرف هل هناك امتلاء أم ليس، ويتعرف هل كانت هناك أسباب للامتلاء المعلومة. وربما كان السبب أيضاً قد ورد من خارج، فتمكن داخلاً، مثل من يشرب ماء بارداً، فيحدث به وجع شديد في نواحي معدته وكبده؛ وكثيراً ما لا يحتاج إلى أمر عظيم من الاستفراغ ونحوه، فإنه كثيراً ما يكفيه الاستحمام والنوم البالغ فيه. ومثل من يتناول شيئاً حاراً، فيصدعه صداعاً عظيماً، فيكفيه شرب ماء مبرد.

. . . فيجب أن يكون عنده حدس قوي ليعلم أي المدتين أطول: مدة ثبات القوة، أو مدة الوجع. وأيضاً أي الحالين أضر فيه: الوجع، أو الغائلة المتوقعة في التخدير؛ فيؤثر تقديم ما هو أصوب. فربما كان الوجع إن بقي قتل بشدته وبعظمه. والتخدير بما لم يقتل وإن أضر من وجه آخر.

وربما أمكنك أن تتلافى مضرته وتعاود وتعالج بالعلاج الصواب. ومع ذلك فيجب أن تنظر في تركيب المخدر وكيفيته لتستعمل أسهله، وتستعمل مركبه مع ترياقاته. إلا أن يكون الأمر عظيماً جداً، فتحتاج إلى تخدير قوي. وربما كان بعض الأعضاء غير مبال باستعمال المخدر عليه، فإنه لا يؤدي إلى غائلة عظيمة، مثل الأسنان إذا وضع عليها مخدر. وربما كان الشراب أيضاً سليماً في مثله؛ مثل شرب المخدر لأجل وجع العين، فإن ذلك أقل ضرراً بالعين من أن يكتحل به. وربما سهل تلافي ضرر شربها بالأعضاء الأخرى. وأما في مثل القولنج فتعظم الغائلة، لأن المادة تزداد برداً وجموداً واستغلاقاً.

والمخدرات قد تسكن الوجع بما تنوم؛ فإن النوم أحد أسباب سكون الوجع، وخصوصاً إذا استعمل الجوع معه في وجع مادي. والمخدرات المركبة التي تكسر قواها أدوية، هي كالترياق لها أسلم. . .

ومن الأوجاع ما هو شديد الشدة، سهل العلاج أحياناً مثل الأوجاع الريحية، وربما

Book One: Critical Edition, Prepared under the Auspices of the Institute of Medicine and Medical = *Research*, pp. 332 - 333, and *Al - Qānūn fī al-ṭibb*, p. 111, where it is faṣl 31..

سكنها وكفاها صب الماء الحار عليها. ولكن في ذلك خطر واحد.

. . . والتكميد أيضاً من معالجات الرياح. وأفضله ما جف مثل الجاورس، . . . وقد يكمد بالماء في مثانة. وهو سليم لين، لكن قد يفعل الفعل المذكور إذا لم يراع. والمحاجم بالنار من قبيل هذا، وهو قوي على إسكان الوجع الريحي. . .

. . . ومن مسكنات الوجع المس الرفيق الطويل الزمان لما فيه من الإرخاء. وكذلك الشحوم اللطيفة المعروفة، والأدهان التي ذكرنا، والغناء الطيب، خصوصاً إذا نوم به، والتشاغل بما يفرح مسكن قوي للوجع».

لم يهتم ابن سينا فقط بوصف العقاقير المسكنة، بل عمل على إيجاد وسائل أخرى لتخفيف الألم، كالتدليك، واستعمال التسخين بالماء الحار، وسماع الموسيقى الناعمة والقيام بنشاط ما. ومن المفيد أيضاً أن نرى ما لم يذكره النص أبداً؛ فهو لم يأت بأي ذكر لاستخدام الخمرة، لكننا نتبين استعمالها لمقاصد أخرى في مواضع أخرى من كتاب **القانون**، كما لا يذكر استخدام المسكنات والمنومات أثناء العملية الجراحية.

إن هذه المحاولات الكاملة لجمع وترتيب الأدب الطبي الهلينستي، والبيزنطي، والسرياني المجزأ وغير المنظم، قد تم تنسيقها مع الملاحظات الشخصية فأنتجت نظاماً طبياً ناجحاً، ومتماسكاً ومنظماً. وهذا النظام ذو طبيعة جالينوسية بشكل رئيس، لكنه تعدل كثيراً وأعد إعداداً جيداً، وقد تم إيضاحه وبلورته في الأعمال المذكورة سابقاً (وبخاصة في أعمال المجوسي وابن سينا)، وأدخل عليه الكثير من التنظيم والترتيب والعقلانية، فنتج عن ذلك حس بالكمال وبالتالي أضحى هذا النظام حجة في مجال الطب. وقد ساهم حجم هذه المقالات الضخم في إبراز نفوذها. حتى ان عنوان كتاب ابن سينا **القانون** قد ساهم في هذا المضمار. وكما أشار بحق، بالإضافة إلى ذلك، المؤرخ الطبي مايكل ماك فوغ (Michael McVaugh) قائلاً: «إن هكذا مقالات. . . حتى وإن أبرزت بشكل أساسي أهمية المعرفة العملية أو طبيعة الطب كصنعة، تسببت، نظراً لتركيبتها الحقيقية، بتقديم العنصر العقلاني على العنصر السريري»[(٢٣)].

مع ذلك، لم يكن **قانون** ابن سينا منوهاً به من الجميع. فقد كتب ابن زُهر (ت ٥٢٥هـ/ ١١٣١م) وهو طبيب أندلسي، ووالد الطبيب الذائع الصيت ابن زهر، مقالة تنتقد في **القانون** الأجزاء المتعلقة بالمفردات (النباتات الطبية) التي تشكل المقالة الثانية منه. ولدينا عرض لردة فعل ابن زهر إثر قراءته الأولى لكتاب **القانون**:

---

(٢٣) انظر: Michael McVaugh, in: Edward Grant, ed., *A Source Book in Medieval Science,* Source Books in the History of the Sciences (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974), p. 715, note (1).

«ذكرت ما بلغك عن الحكيم الفاضل المتطبب الأندلسي، وهو أن رجلاً من التجار جلب من العراق نسخة من هذا الكتاب قد بولغ في تحسينها فأتحفه بها تقرباً إليه. ولم يكن هذا الكتاب وقع إليه قبل ذلك. فلما تأمله ذمه واطرحه. ولم يدخله خزانة كتبه. وجعل يقطع من طرره ما يكتب فيه نسخ الأدوية لمن يستشفيه من المرضى. وذكرت ما قيل من أنه لا يصلح للمبتدىء في تعلم الطب لما تضمنه من الألفاظ الحوشية والمعاني الفلسفية. . . »(٢٤).

وهذه العلاقة المشار إليها هامة للغاية من وجهتي نظر. **الأولى** تبين أن **القانون** أصبح متوفراً في قرطبة بعد قرن من الزمن من إنجازه الكامل في همذان. **والثانية** تطرح سؤالاً حول الطب الأندلسي؛ فهل تبع هذا الطب نهج ابن زهر وهو الطبيب الأول في عائلة قدمت خلال خمسة أجيال أطباء نطاسيين في بلاد الأندلس؟ وهل تطور هذا الطب بتبعية أقل إزاء أفكار ابن سينا؟

فيما يتعلق برأي ابن زهر في ابن سينا، فإننا نملك مصدر معلومات هاماً عائداً إلى هبة الله بن جُمَيع الإسرائيلي، طبيب الملك الناصر الأول صلاح الدين (٥٦٤ ـ ٥٨٩هـ/ ١١٦٩ ـ ١١٩٣م). يرد هبة الله هذا على انتقادات ابن زهر بالتفنيد التالي الذي لا يخلو من الحس السليم:

«فأقول: أما ما اعتمده ابن زهر من اطراح كتاب الرئيس وتهجينه فهو تحيز مستقيم. إن هذا الكتاب، وإن كان مصنفه قد اعتمد فيه من الكلام المتكلف والأشياء البعيدة ما لا يليق بالعلوم، وكان فيه ما ذكرناه من الإبهام والنقص والتصحيف والاختلاف والتشويش والتحريف، وبالجملة مواضع كثيرة، فإنه كتاب قد اشتمل من أصول الطب وقوانينه على ما لم يشتمل عليه غيره من الكنانيش الكبار. ثم فيه من الإيجاز والاختصار، وحسن التأليف والترتيب، وسهولة الكشف لما يراد كشفه منه ما ليس في غيره منها. بل ما يغتفر له معه عظيم الزلل ويسمح به احتمال الخطأ والخلل. وبالجملة فليس في جميع ما لدينا من الكنانيش الكبار ما يقوم مقامه ولا يسد مسده. . . »(٢٥).

ويبدو أنه بعد بلوغ هذه الدرجة من المنهجية، أصبحت هذه المؤلفات ضخمة للغاية

---

(٢٤) مخطوطة أوكسفورد، مكتبة بودلين، مارش ٣٩٠، الورقة ١ أ، الأسطر ٢ ـ ٩، و A. Z. Iskandar, *A Catalogue of Arabic Manuscripts on Medicine and Science in the Wellcome Historical Medical Library* (London: Wellcome Institute for the History of Medicine, 1967), pp. 35 - 36.

(٢٥) مخطوطة أوكسفورد، مكتبة بودلين، مارش ٣٩٠، من الورقة ٢ أ، السطر ١٨ إلى الورقة ٢ ب، السطر ٨، و Iskandar, Ibid., pp. 36 - 37.

بحيث بات من الصعب استخدامها فعلياً، وكذلك الحصول على معلومات سريعة منها. لذلك سيطر التبسيط والتلخيص والتجزئة على الكتابات الطبية فيما بعد منتصف القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، وجاء ذلك كردة فعل على الموسوعة الممثلة بكتاب **القانون**. وهكذا أعدت موجزات لكتاب **القانون** من أجل جعل الأفكار أسهل منالاً، وكتبت شروحات لإظهار المضمون، وكثرت الرسائل أحادية الموضوع. وقل عدد الكتاب الذين شرعوا بكتابة مؤلفات بحجم أعمال ابن سينا والمجوسي.

ولإظهار التباين بين هؤلاء الأطباء العلماء، المهتمين بجمع كميات ضخمة من المعلومات، وبين غيرهم، تجدر الإشارة بإيجاز إلى طبيبين من القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، وهما ابن رضوان وابن بطلان.

أقام علي بن رضوان (ت ٤٦٠هـ/ ١٠٦٨م) في القاهرة القديمة (الفسطاط)، وعينه الخليفة الفاطمي المستنصر (٤٢٧ ـ ٤٨٧هـ/ ١٠٣٥ ـ ١٠٩٤م) رئيساً لأطباء مصر. وقد كتب مقالته **كتاب دفع مضار الأبدان بأرض مصر** ليدحض آراء الطبيب التونسي ابن الجزار، وأودعها مقالاً مشوقاً في الأمور المناخية في مصر وعلاقتها مع مسائل الصحة العامة وبعض الأمراض، وبخاصة الطاعون، عند المصريين. ويبدو أن ابن رضوان لم يطلع على مؤلفات ابن سينا مع أنه كان معاصراً له(٢٦). وقد اشتهر بالمناظرة التي جرت بينه وبين طبيب من بغداد، بالإضافة إلى كتابته لبعض الشروحات حول مقالات جالينوس العديدة ولرسالة في تعليم الأطباء.

أما الطبيب البغدادي هذا فهو ابن بطلان، وهو مرجع طبي نصراني، كان قد زار القاهرة حوالى سنة ٤٤١هـ/ ١٠٤٩م، وتعرف هناك على ابن رضوان. وخلال إقامته هناك نشب خلاف بينهما على أمور طبية وفلسفية تتعلق بتأثير المناخات، والفصول والجنس على الصحة. وقد اهتما بمعرفة ما إذا كانت العقاقير الموصوفة في بغداد يصح وصفها أيضاً في القاهرة.

ترك ابن بطلان القاهرة، لكنه لم يعد إلى بغداد، بل قصد القسطنطينية، ليستقر أخيراً في أنطاكية، حيث دخل سلك الرهبنة. وقد ألف مسرحية هجائية، تعرض عمل دجل وشعوذة أسماها **دعوة الأطباء**، وهي عبارة عن مناقشة بين طبيب عيون، وجراح، وفاصد، وصيدلي، وطبيب بالإضافة إلى ابن بطلان نفسه. كما كتب موجزاً طبياً مخصصاً للرهبان يسمح لهم بكشف أمراض العبيد المعروضين للبيع، ووضع كتاب **تقويم الصحة** في علم

---

(٢٦) انظر: Dols, *Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwān's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt,* p. 10, note (38).

الصحة وعلم الحمية على شكل جداول[٢٧].

(٢٧) ببليوغرافيا إضافية: حول الرازي، انظر: Ullmann, *Die Medizin im Islam*, pp. 128 - 137; Pines, «Al-Rāzī,» vol. 11, pp. 323 - 326; Al-Rhāzī, *De Variolis et Morbillis, Arabics et Latine, com alliis Nonnullis Eiusdem Argumenti;* Meyerhof, «Thirty-three Clinical Observations by Rhazes (Circa 900 A.D.),» pp. 321-372; F. R. Hau: «Razis Gutachten über Rosenschnuphen,» *Medizinhistoriches Journal*, Bd. 10 (1975), pp. 94 - 102, and «Taqrīr al-Rāzī ḥawla al-zukām al-muzmin 'inda tafattuḥ al-ward,» *Journal for the History of Arabic Science*, vol. 1 (1977), pp. 123 - 128.

وحول المجوسي، انظر: Ullmann, *Islamic Medicine*, pp. 55 - 86.

وحول أبي القاسم الزهراوي، انظر: Abū al-Qāsim Khalaf Ibn 'Abbās al-Zahrāwī Albucasis, *On Surgery and Instruments: A Definitive Edition of the Arabic Text with English Translation and Commentary*, edited and translated by M. S. Spink and G. L. Lewis (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1973), and Hamarneh and Sonnedecker, *A Pharmaceutical View of Abulcasis (al-Zahrāwī) in Moorish Spain, with Special Reference to the «Adhān»*.

حول ابن سينا، انظر: Ullmann, *Die Medizin im Islam*, pp. 152 - 156; Georges C. Anawati and A. Z. Iskandar, «Ibn Sīnā,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 15, pp. 494 - 501; Avicenna, *A Treatise on the Canon of Medicine of Avicenna*, incorporating a translation of the first book by Oskar Cameron Gruner (London: Luzac, 1930); M. H. Shah, *The General Principles of Avicenna's Canon of Medicine* (Karachi: Naveed Clinic, 1966).

ولشروحات **القانون**، انظر: Iskandar, *A Catalogue of Arabic Manuscripts on Medicine and Science in the Wellcome Historical Medical Library*, pp. 33 - 72.

وعن علي بن رضوان وابن بطلان، انظر: Dols, *Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwān's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt;* Joseph Schacht and Max Meyerhof, *The Medico-Philosophical Controversy between Ibn Buṭlan of Baghdad and Ibn Riḍwan of Cairo: A Contribution to the History of Greek Learning among the Arabs*, Egyptian University, Faculty of Arts; Publication no.13 (Cairo: Egyptian University, 1937), and Martin Levey, «Some Eleventh Century Medical Questions Posed by Ibn Buṭlān and Later Answered by Ibn Ithirdī,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 39 (1965), pp. 495 - 507.

حول الجدري والبرص والطاعون، انظر: P. Richter, «Beiträge zur Geschichte der Pocken bei den Arabern,» *Archiv für Geschichte der Medizin*, Bd. 5 (1912), pp. 311 - 331; O. Spies, «Zur Geschichte der Pocken in der Arabischen Literatur,» in: G. Rath and H. Schipperges, *Medizingeschichte im Spektrum: Festschrift zum Fündsechzigsten Geburstag von Johannes Steudel*, Sudhoffs Archiv; Beihefte, Heft 7 (Wiesbaden: Franz Steiner, 1966), pp. 187 - 200, and Michael Walters Dols: *The Black Death in the Middle East* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1977); «Leprosy in Medieval Arabic Medicine,» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, vol. 34 (1979), pp. 314 - 333, and «The Leper in Medieval Islamic Society,» *Speculum*, vol. 58, no. 4 (October 1983), pp. 891 - 916. =

الطب النبوي

تطور في القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، نوع من الكتابة الطبية بشكل متواز مع الكتابة المرتكزة على النظام الطبي الهلينستي والبيزنطي. وكانت أغلبية مقالات هذا النوع تنتسب إلى «الطب النبوي» الذي انتشر بشكل خاص في القرنين السابع والثامن للهجرة/ الثالث عشر والرابع عشر للميلاد.

كان الهدف من «الطب النبوي» يبدو مضاعفاً: فقد رمى الهدف الأول إلى إظهار القيمة الدينية للطب بإظهاره يمثل أكبر فضل من الله على الناس. أما الهدف الثاني فيتمثل بجعل الطب متوافقاً مع الإسلام، بدل السماح بإخضاعه لتقاليد غريبة (ولا سيما اليونانية منها). وقد أقر الطب النبوي المسلمة الدينية والفلسفية القائلة بأن صحة المعارف لا يؤكدها سوى الوحي المنزل على النبي محمد ﷺ، بالإضافة إلى ممارسات وآراء خلفائه المباشرين. وهكذا فالكلمة الفصل في الطب هي للوحي النبوي وليس لجالينوس، أو أبقراط، أو ابن سينا.

يبدو أن ابن السني (ت ٣٦٤هـ/ ٩٧٤م) قد كتب أقدم مقالة في الطب النبوي[٢٨]. وتظهر النصوص المتبقية أن كل المؤلفين المذكورين كانوا ذوي تربية دينية. ومع أن غالبيتهم من المسلمين السنة، ويلقبون أحياناً بالمتشددين، كان يوجد بينهم أيضاً كتاب شيعة. فقد أعد الأخوان، أبو عتاب عبد الله والحسين بن بسطام سابور، مثلاً في أواخر القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، مقالة حول هذا الموضوع، مستعينين بأئمة شيعة كمرجعية لهما.

كانت الوقاية من الأمراض، بالنسبة إلى جميع هؤلاء الكتاب في «الطب النبوي»، دائماً خيراً من العلاج. ولم يعارض الكتاب السنة بعامة استعمال الأدوية، في حين أن الشيعة كانوا يميلون إلى السماح بجرعة دواء فقط عندما تتعذر الإمكانات الأخرى وعندما يصبح الألم غير محتمل. وقد كانت المقالات الشيعية، ربما الأكثر تطرفاً والأكثر قدرية، وفي بعض الأعمال كان الشفاء يتمثل بشكل رئيس في الصلوات والإيمان بأن الله يجزي المريض خيراً إذا ما تحمل مرضه.

كتبت بعض المقالات الطبية من هذا النوع كمقالات حقيقية في الطب، ولكنها قدمت خيارات أخرى. فقد دمجت هذه النصوص كما حاولت التوفيق بين الطب العربي الأصلي

= ولمزيد من المعلومات حول الوباء والعدوى في الطب العربي، انظر: Ullmann, *Islamic Medicine,* pp. 86 - 96 and Dols, *The Black Death in the Middle East,* pp. 23 - 25, 92 - 98, 119 - 120 and 291 - 293.

(٢٨) Anton M. Heinen, *Islamic Cosmology: A Study of as-Suyūṭī's al-Hay'a as-Saniya fī l-Hay'a as-Sunniya: With Critical Edition, Translation and Commentary,* Beiruter Texte und Studien; Bd. 27 (Beirut: In Kommission Bei Steiner Verlag, 1982), pp. 35 - 36.

والوحي الإلهي من جهة، وبين الأفكار ومصطلح المنهج اليوناني الأصل من جهة أخرى. فمقالة الذهبي مثلاً (ت ٧٤٨هـ/ ١٣٤٨م) غالباً ما تستشهد بابن سينا وبأبقراط إضافة إلى المراجع الدينية. وكذلك مقالة الأزرق التي كتبها في أوائل القرن التاسع للهجرة/ الخامس عشر للميلاد، فهي تستشهد، ومن دون تحفظ، بالمراجع الدينية، وفي الوقت نفسه تصف وتعطي العلاجات لعدد كبير من الأمراض التي كتب عنها في اقتباسات طبية مرتكزة على المؤلفات اليونانية؛ كما تترك مجالاً للمناقشة حول الحماية من العين الشريرة. لم يكن الهدف من كتابة هذه المقالات التعرض للمعرفة اليونانية الموروثة بل بالأحرى لاستيعاب الثقافة الإسلامية التقليدية لها.

ومن جهة أخرى، فإن كتابات الجوزي (ت ٥٩٧هـ/ ١٢٠٠م) والمقالة الشعبية للسيوطي (ت ٩١١هـ/ ١٥٠٥م) الذي كتب أيضاً كوزمولوجيا إسلامية مرتكزاً على المبادئ نفسها قد أعدت فقط على قاعدة الممارسات المعروفة والمستخدمة في عصر النبي ﷺ، وعلى الممارسات المشتقة من القرآن ومن الأحاديث النبوية، ومن السنة. وقد أعطيت علاجات متنوعة: كالحمية الغذائية، والعقاقير البسيطة (ولا سيما العسل)، والفصد والكي (الذي كان ممنوعاً عند بعضهم) دون اللجوء إلى الجراحة. كما عولجت مواضيع أخرى: كأنواع الحمى، والكلب، والجدري، والبرص، والطاعون، واللدغات المسببة للالتهابات، والحماية من الحشرات الطائرة ليلاً، وضد العين الشريرة، وقوانين المضاجعة، ونظريات علم الأجنة والتشريح، وواجبات الطبيب نحو زملائه ومرضاه، وعلاج الأمراض البسيطة، كالصداعات والرعاف والسعال والقولنج وألم النسا. كما كان ممنوعاً شرب الخمرة واستعمال المنومات كعقاقير.

تعكس الممارسات الطبية، الموصى باستعمالها في هذه الكتابات، المعتقدات الشعبية في الشعوذة والعادات الأصيلة للمجتمع الإسلامي الأول. فمن وجهة نظر طبية، لا توجد في نصوص «الطب النبوي» نظرية عقلانية، مرتكزة على أسس صلبة. وذلك لأن هذه النصوص قد استندت إلى معرفة مجتزأة للممارسات العائدة إلى فترة ما قبل الإسلام، أو إلى فترة نشأته الأولى. وعلى أي حال، فإنها لم تندرج في نظرية أو نظام طبي متكامل. إلا أن الطب النبوي هذا يمثل، مع ذلك، من وجهة نظر فلسفية نظاماً طبياً مرتكزاً على سلطة دينية أو ما ورائية.

إننا نعرف عدداً ضخماً من المقالات في «الطب النبوي»، التي كتبتها جميعاً سلطات دينية. مع ذلك، لا نعرف اسم أي طبيب اشتهر بسبب ممارسته هذا النوع من الطب. ويرجع، بالتأكيد، سبب هذا الصمت إلى واقع أن أغلبية مصادرنا المكتوبة تستوحي النظام اليوناني الموروث وتهمل التفاصيل التطبيقية الأخرى.

لقد ازدهرت مقالات «الطب النبوي» خلال قرون إلى جانب تلك التي ارتكزت على المدرسة اليونانية، وذلك لأنها أدت، ربما، خدمة لشريحة أخرى من المجتمع. إن وصف

مقالات الطب من هذا النوع «بالشعوذة هو بالتأكيد حكم في غاية القسوة»(٢٩). فالشعوذة تنطوي على السعي إلى خداع مقصود. أما الذين دعوا إلى «الطب النبوي» هذا، فإنهم بالتأكيد من المؤمنين به. وظهوره يبين الاهتمام بالمحافظة على المعرفة الطبية على المستوى الذي كان سائداً في زمن النبي محمد ﷺ (على اعتبار أنه أقرب إلى الحقيقة المحضة) كما يبين ضرورة الحؤول دون إدخال العناصر الغريبة والتي يمكن أن تصبح مهيمنة. إن تطور هذا النوع من الأدب الطبي، لا يشكل تهديداً مباشراً للطب «العلمي» أو «العقلاني»، ولا يؤدي وحده إلى انحسار العلم والطب، لكنه يشهد، بالأحرى، على نمط من الفكر منتشر بشكل واسع لدى شريحة متنامية من المجتمع.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الأطباء المنتمين إلى المدرسة المرتكزة على النظام اليوناني ومهما كانت خصوصيات مشاعرهم الدينية لم ينتقدوا «الطب النبوي»، حتى وإن أظهروا خشيتهم من الأطباء غير الأكفاء والمخادعين. فالنقد الوحيد، الذي ذهب أبعد من غيره وهو معتدل في الحقيقة ورد ذكره في المقدمة التي وضعها ابن خلدون في القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد. فقد تناول «الطب النبوي» بالعبارات التالية:

«فإنه صلى الله عليه وسلم إنما بعث ليعرفنا الشرائع ولم يبعث لتعريف الطب ولا غيره من العاديات. وقد وقع له في شأن تلقيح النخل ما وقع فقال أنتم أعلم بأمور دنياكم. فلا ينبغي أن يحمل شيء من الطب الذي وقع في الأحاديث المنقولة على أنه مشروع فليس هناك ما يدل عليه. اللهم إلا إذا استعمل على جهة التبرك وصدق **العقد الإيماني**، فيكون له أثر عظيم في النفع. وليس ذلك في الطب المزاجي، وإنما هو من آثار الصدق في الكلمة»(٣٠).

إن المقارنة بين كتب «الطب النبوي» هذه والمقالات التي عالجت الطاعون تستطيع إغناءنا بالمعلومات. وقد كان نمطا الكتابة منتشرين بشكل واسع في القرنين السابع والثامن للهجرة/ الثالث عشر والرابع عشر للميلاد وما تلاهما. ففي المرحلة الأولى من كتابة المقالات في الطاعون جرى جمع وتفسير الأحاديث النبوية المختلفة التي لها علاقة بالآراء حول العدوى وردود فعل الجسم عليها. لكن المؤلفين حاولوا أيضاً إعطاء التفسيرات الطبية ووصف العقاقير لهذا المرض، كما حاولوا أحياناً كتابة تاريخه حتى زمن مؤلفاتهم هذه.

---

(٢٩) J. Christoph Bürgel, «Secular and Religious Features of Medieval Arabic Medicine,» in: Charles M. Leslie, ed., *Asian Medical Systems: A Comparative Study* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1976), p. 50.

(٣٠) Ibn Khaldūn, *Al - Muqaddima, Prolégomènes d'Ebn - Khaldoun,* texte arabe publié d'après les manuscrits de la bibliothèque impériale par M. Quatremère, vol. 3, p. 119; traduction française par Vincent Monteil, *Discours sur l'histoire universelle (al-Muqaddima),* vol. 3, pp. 1081 - 1082.

وقد كتبت أغلبية هذه المقالات من قبل فقهاء في الدين، كما هي الحال عليه في مقالات «الطب النبوي» باستثناء عدد صغير منها ألفه كتبة مثقفون ومطلعون في الوقت نفسه على الشريعة والطب معاً(٣١).

الطبابة في ظل الأيوبيين والمماليك

حكمت سلالتان متعاقبتان مصر وسوريا وقد عرفتا بحمايتهما للمستشفيات والأطباء. فلقد أسس صلاح الدين في مصر السلالة الأيوبية الكردية الأصل سنة ٥٦٤هـ/ ١١٦٤م؛ بعد أن خلع السلطة الفاطمية الشيعية وأرسى محلها سلطة المتشددين السنة. ونادى بالجهاد ضد الصليبيين، واسترد الأراضي التي استولى عليها هؤلاء. وكان نور الدين محمد ابن زنكي، وهو أمير تركي من سلالة الأتابكة، حينئذ حاكماً على سوريا، وكان صلاح الدين في خدمته عندما استقر في مصر. وبعد موت سيده نور الدين بقليل سنة ٥٩٦هـ/ ١١٧٤م، استولى صلاح الدين على السلطة في مصر وسوريا معاً.

كان نور الدين قد أسس مستشفى في دمشق، أسماه مستشفى النوري. فحذا صلاح الدين حذوه وأسس سنة ٥٦٧هـ/ ١١٧١م مستشفى في القاهرة أسماه المستشفى الناصري تيمناً باسمه الملك الناصر صلاح الدين يوسف بن أيوب. وقد خدم هذان المستشفيان سنين عديدة وكانت لهما شهرة عظيمة.

ثم ظهر المماليك سنة ٦٤٨هـ/ ١٢٥٠م. وكانوا في الأصل عبيداً أتراكاً وحراساً محترفين، وجنوداً في خدمة آخر أمير أيوبي. وقد حكموا مصر وسوريا كسلالة مستقلة خلال قرنين ونصف من الزمن. وفي ظل حكمهم ازدهرت، ليس فقط الطبابة، بل وعلم

---

(٣١) ببليوغرافيا إضافية: Fazlur Rahman, «Islam and Health (Some Theological, Historical and Sociological Perspectives),» *Hamdard Islamicus,* vol. 5, no. 4 (Winter 1982), pp. 75 - 88; Ullmann, *Die Medizin im Islam,* pp. 185 - 189, and Bürgel, Ibid, pp. 44-62.

وحول نقاش الأزرق عن البرص، انظر: Dols, «Leprosy in Medieval Arabic Medicine,» pp. 329 - 331.

وحول السيوطي، انظر: Al - Suyūṭī, «Ṭibb-ul-Nabbi or Medicine of the Prophet Being a Translation of Two Works of the Same Name, I: The Ṭibb-ul-Nabbi of al-Suyūṭī; II: The Ṭibb-ul-Nabbi of Maḥmūd Ibn Mohammed al-Chaghhayni, Together with Introduction, Notes and a Glossary,» *Osiris,* vol. 14 (1962), pp. 33 - 192, reprinted (Brugis: De Tempel, 1962).

وفي علم الكونيات العائد للسيوطي، انظر: Heinen, Ibid.

وفي المقالات حول الطاعون، انظر: Dols, *The Black Death in the Middle East* especially pp. 320 - 335.

الفلك أيضاً، وفن العمارة، وصنعة المعادن، وإنتاج الكتب وتجليدها، وصناعة الزجاج والسيراميك. وتحققت، كما في القاهرة كذلك في دمشق، تحسينات في المستشفيات، والمباني العامة والدينية، والقنوات، والجسور، والخدمة البريدية لدرجة أن الاتصال بين المدينتين لم يكن يتطلب سوى أسبوع واحد أو أقل. ونذكر أن الحاكم المملوكي الملك المنصور سيف الدين قلاوون قد أنجز في القاهرة سنة ٦٨٣ هـ/ ١٢٨٤ م مجمعاً احتوى على جامع، إضافة إلى ضريح له ومدرسة ومستشفى. وحمل هذا الأخير اسم المنصوري تكريماً للحاكم المملوكي.

وقد تم حكم مصر وسوريا في عصر المماليك، مثلما كان الأمر في عصر الأيوبيين كقطر واحد تجمع بين عاصمتيهما القاهرة ودمشق اتصالات كثيرة ومنتظمة، وكنتيجة لذلك شملت هذه الاتصالات مجموعاتهما الطبية. ويقال إن صلاح الدين لم يكن في خدمته أقل من ثمانية عشر طبيباً من بينهم ثمانية مسلمون، وخمسة يهود، وأربعة مسيحيون، وسامري واحد. وكان من بين هؤلاء الطبيب والفيلسوف اليهودي المعروف، موسى بن ميمون، وهبة الله بن جميع الإسرائيلي. ولد الأول في قرطبة ونشأ فيها، وقد اشتهر بخاصة بجوامع الكلم (كتاب **الفصول**). كما كتب أيضاً في الربو، والحميات، وعوارض الأمراض، وفي مواضيع شتى. أما الثاني، ابن جميع الإسرائيلي، فقد درس الطب على يد طبيب البلاط الفاطمي المدعو ابن العينزربي، كما درّس الطب بدوره، وكان من تلامذته ابن أبي البيان الإسرائيلي (ت ٦٣٨هـ/ ١٢٤٠م) مؤلف **الدستور البيمارستاني** المخصص للمستشفى الناصري.

وبعد موت ابن التلميذ سنة ٥٦٠هـ/ ١١٦٥م عن عمر ناهز السادسة والتسعين عاماً، حيث كان رئيس الأطباء في المستشفى العضدي في بغداد، ترك أطباء عديدون، كانوا من تلامذته، بغداد إلى دمشق حيث كان المستشفى النوري قد فتح هناك قبل ذلك الوقت بحوالى عشر سنوات. ومن بين هؤلاء المنتقلين إلى دمشق كان هنالك رضي الدين الرحبي، الذي عاش طويلاً كمعلمه ابن التلميذ، إذ إنه توفي في دمشق سنة ٦٣١هـ/ ١٢٣٣م عن عمر ناهز السبعة والتسعين عاماً. وقد درب خلال حياته الطويلة، العديد من الناس على ممارسة مهنة الطب. كما هاجر تلميذ آخر اسمه ابن المطران (ت ٥٨٧هـ/ ١١٩١م)، وهو مسيحي اعتنق الإسلام ديناً، ووجد في صلاح الدين الحامي الكريم، مما أفسح المجال أمامه لتطوير مكتبة خاصة حوت، كما يروى، عشرة آلاف مجلد عند وفاته.

ونخص بالذكر طبيباً كان له تأثير عظيم في تطوير العنايات الطبية المتعارف عليها في سوريا ومصر آنذاك في القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد. وهذا الطبيب هو مهذب الدين عبد الرحيم بن علي المعروف بالدخوار؛ الذي ولد وترعرع في دمشق، حيث كان أبوه وأخوته أطباء عيون، ومات فيها سنة ٦٢٨هـ/ ١٢٣٠م. درس الدخوار الطب مع

ابن المطران ورضي الدين الرحبي، وأصبح فيما بعد الطبيب الخاص للحاكم الأيوبي الملك العادل سيف الدين، وهو أخ صلاح الدين، وقد اصطحبه إلى مصر أثناء تفشي الوباء فيها سنة ٦١٢هـ/ ١٢١٦م، حيث عالج هناك، وبنجاح، ابن الأمير الأيوبي، فكافأه هذا الأخير بتكليفه «رياسة أطباء ديار مصر بأسرها وأطباء الشام». ثم رجع إلى دمشق، حيث تردد على مستشفى النوري وعلم الطب لطلاب عديدين.

وكان ابن أبي أصيبعة وابن النفيس أشهر طالبين عند الدخوار. ولد الأول في عائلة أطباء في دمشق؛ وقد تميز كطبيب للعيون يمارس مهنته في مستشفى النوري. وقد توفي عام ٦٦٨هـ/ ١٢٧٠م. وفي الوقت الحاضر يذكرنا اسمه بشكل خاص بمؤلفه كتاب **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، الذي يورد فيه سيرة حياة أكثر من ثلاثمئة وثمانين طبيباً. غير أن الغريب في ذلك أنه لم يأت على ذكر زميله في الدراسة ابن النفيس على الرغم من تخصيصه فصلين عن معاصريه في سوريا ومصر. وهذا ما يدعونا للتساؤل عن احتمال وجود منافسة قوية أو ربما عداوة شخصية بين هذين الطبيبين.

كان ابن النفيس، المعروف بـ «القرشي» في الأدب العربي، نسبة إلى قريش، ذا سلطة في أحكام الدين والمنطق والشريعة، وكان كاتباً غزير الإنتاج بمقالاته الطبية أيضاً. فقد باشر بعمل ضخم في جمع المعلومات الطبية توقع أن يكون عددها ثلاثمئة مجلد لم يحرر منها سوى ثمانين فقط. وقد وصل إلينا منها، لسوء الحظ، ثلاثة فقط. ومن بين مؤلفاته الأخرى، هناك ملخص في تطبيقات طب العيون، وشرح لمؤلف حنين بن اسحق، كتاب **مسائل في الطب للمتعلمين**، وموجز مشهور لمؤلف ابن سينا، كتاب **القانون**.

كما ألف ابن النفيس شرحاً لمجمل كتاب **القانون** اسماه **شرح القانون**، الذي أضحى نفسه مرجعاً. وقد انتقد ابن النفيس في شرحه هذا ابن سينا بسبب فصله علم التشريح إلى قسمين: تشريح الأجزاء المتجانسة في مقالته الأولى، وتشريح الأجزاء المركبة في مقالته الثالثة. كما انتقده على مقالته حول العقاقير المركبة، وذلك لأنها لم تتبع مباشرة مقالة المفردات (أي النباتات الطبية). ونتيجة لذلك، كتب ابن النفيس شرحاً منفصلاً عن علم التشريح الوارد في كتاب **القانون** أسماه **شرح تشريح القانون**، عالج فيه القسمين المذكورين معاً، حيث أراد بذلك أن يتبع هذا الشرح شرح المقالة الأولى لكتاب **القانون**. وهو في شرحه لعلم التشريح هذا أورد، وبفكر ثاقب، طبيعة الدورة الدموية الرئوية الصغرى والتي بسببها يعرف حالياً. لقد خلت جميع النسخ تقريباً التي تتضمن شرحه لكتاب **القانون** من شرحه للتشريح على وجه خاص. وقد اشتكى الأطباء، في القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد، من أن الشرح الموسع لابن النفيس نادراً ما يتضمن شرح علم التشريح.

يذكر الطبيب زين العرب المصري، عندما كتب في القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد، مستنداً إلى معلومات طبيب آخر قام بمحاولات متكررة للحصول على نسخة من

شرح علم التشريح، أن ابن النفيس كان قد انتظر حتى آخر حياته ليكتب شرحه هذا؛ ولهذا السبب لم تحتو نسخ الشرح الكامل شرحه في علم التشريح هذا(٣٢). ولكن، إذا كان ابن النفيس، على وجه الاحتمال، قد كتب تفسيره في التشريح بعد أن أنهى الشرح الشامل لكتاب **القانون**، فمن المؤكد أنه قد كتب هذا التفسير في وقت مبكر من مهنته، لأنه موجود حالياً في نسخة مخطوطة لشرحه مكتوبة قبل ست وأربعين سنة تقريباً من وفاته(٣٣). لقد أمضى ابن النفيس جزءاً كبيراً من حياته في القاهرة حيث أصبح رئيساً للأطباء. وتوفي فيها سنة ٦٨٧هـ/ ١٢٨٨م، موصياً بمنزله وبمكتبته للمستشفى المنصوري المبني حديثاً آنذاك.

كان في دمشق تلميذ لابن النفيس ولابن أبي أصيبعة، هو الطبيب النصراني ابن القف (ت ٦٨٥هـ/ ١٢٨٦م) وقد علّم هذا الأخير الطب في هذه المدينة وكان أحد الأطباء القلائل جداً ممن ألفوا مقالات مخصصة فقط للجراحة. لقد غطى بحثه كتاب **العمدة في صناعة الجراحة** جميع أوجه العنايات الجراحية، ما عدا عمليات طب العيون. فقد اعتبر أن علاج التشوشات البصرية هو اختصاص متكامل ومستقل، وله لغته التقنية الخاصة.

لقد كتب أطباء سوريون ومصريون، من دون شك، مقالات أحادية الموضوع حول طب العيون، بالإضافة إلى مقالة ابن النفيس، ومن بينها مقالة في طب العيون لمحمد بن إبراهيم الأكفاني من القاهرة (ت ٧٤٩هـ/ ١٣٤٨م)، الذي أنجز هو نفسه شكلاً موجزاً لمقالته هذه. وكتب، بعده في القرن التالي، طبيب العيون المصري نور الدين علي بن محمد المناوي الشافعي حول الموضوع نفسه. غير أن مقالة هذا الأخير تحتوي بخاصة على الملخص الذي كتبه الأكفاني لمقالته الخاصة، وعلى نص كتابه الضخم، وعلى مقاطع من كتاب ابن النفيس **الكتاب الكامل في طب العيون**. إن عمل المناوي هذا يميز مرحلة انحسار الأصالة الذي برز في أغلبية التآليف الطبية بعد القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد(٣٤).

---

(٣٢) بالفعل، توجد نسخة مخطوطة لمقال ابن أبي أصيبعة المحتوية على سيرة قصيرة لحياة ابن النفيس. كما أن مخطوطة موجودة في دمشق، الظاهرية (٤٨٨٣) طب، الورقة ١٠٤ ب، تحوي السيرة المذكورة على آخر ورقة. ولكن بما أن جميع النسخ لا تتضمن أية إشارة إلى ابن النفيس، فمن الممكن أن سيرته أضيفت في وقت لاحق. فالنسخة موضع درسنا هي بدون تاريخ والظاهر أنها حديثة.

(٣٣) Iskandar, *A Catalogue of Arabic Manuscripts on Medicine and Science in the Wellcome Historical Medical Library*, pp. 42 - 49, and p. 40, note (2).

(٣٤) ببليوغرافيا إضافية: انظر: Ullmann, *Die Medīzīn im Islam*, pp. 163 - 170 and 172 - 177; Samira Jadon: «A Comparison of the Wealth, Prestige, and Medical Works of the Physicians of Ṣalaḥ al-Dīn in Egypt and Syria,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 44 (1970), pp. 64 - 75, and «The Physicians of Syria during the Reign of Ṣalāḥ al - Dīn 570 - 589 A.H./1174 - 1193 A.D.,» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, vol. 25 (1970), pp.323-340; O. Spies and H. Müller-Bütow, *Anatomie und Chirurgie des Schädels Insbesondere der Hals -, Nasen - und* =

المستشفيات

المستشفى هو أحد أعظم منجزات المجتمع الإسلامي في القرون الوسطى. لم تتحدد دائماً بوضوح العلاقة بين هدف وتطور هذه المستشفيات والمستشفيات البيزنطية الأقدم منها عهداً أو المعاصرة لها؛ كما نستطيع أن نقول الشيء نفسه عن تأثير هذه المستشفيات على تلك التي بنيت فيما بعد في أوروبا. وهناك الكثير من الأبحاث في الوقت الحاضر قيد الإعداد حول هذا الموضوع.

كان، في الإسلام، وبعامة، دافع أخلاقي هو معالجة جميع الأمراض بصرف النظر عن الوضع المادي للمريض. فكانت المستشفيات مؤسسات مدنية على نطاق واسع، مفتوحة أمام الجميع، رجالاً ونساء، مدنيين وعسكريين، راشدين وقاصرين، أغنياء وفقراء، مسلمين وغير مسلمين. وقد أخذت المستشفيات تتطور بحيث تشكل بنية واسعة في إطار المدن.

كان المستشفى يقوم بعدة وظائف: فهو مركز المعالجة الطبية، وبيت النقاهة للمتعافين من مرض أو حادث، وملجأ للمجانين، ومأوى يقدم الحاجات الأساسية للكهول والمعاقين المحرومين من أسرة يمكنها أن تقوم بخدمتهم. وبالنسبة إلى الوظيفتين الأوليين كان القبول يقتصر على فترة زمنية محددة ريثما يتم الشفاء من مرض معين. أما هؤلاء الذين ينتمون إلى المأوى، فمن الصعب معرفة عدد المحتاجين الحقيقيين أو عدد أفراد الطبقات غير المثقفة منهم، هذا إذا ما كانوا موجودين فعلاً. وتشير التقارير المتوفرة لدينا إلى أن سكان القاهرة الذين قضوا سنيهم الأخيرة في المستشفى المملوكي، كانوا من علماء الدين الذين لا أولاد لهم، من الذين لم يكن لهم أي مصدر مالي يستندون إليه. إن احتمال أن يقبل شخص ميسور في هذا المستشفى ضئيل جداً إلا إذا أصيب بمرض أثناء سفره. فقد كانت كل العلاجات الطبية تعطى للأغنياء ولأصحاب النفوذ، داخل بيوتهم أو في عيادات نهارية تمتلك عقاقير، باستثناء بعض الحالات النادرة. وعلى الرغم من أن عمل الأطباء المسيحيين أو اليهود في المستشفيات كان شائعاً إلى حد ما إلا أننا لا نعرف نسبة عدد المرضى من غير المسلمين. أما العناية بالمجانين في المستشفيات فلم تعرف من قبل؛ وبذلك تكون المستشفيات العربية الأولى هي الرائدة في هذا المضمار.

Ohrenkrankheiten nach Ibn al-Quff, Ars Medica; III, 1 (Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1971); A. Z. Iskandar, «Ibn al-Nafīs,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 9, pp. 602 - 606; ʿAlī Ibn Abī al-Ḥazm Ibn al-Nafīs, *The Theologus Autodidactus of Ibn al-Nafīs,* edited and translated by Max Meyerhof and Joseph Schacht (Oxford: Clarendon Press, 1968), pp. 6 - 22, and Emilie Savage - Smith, «Ibn al-Nafīs's *Perfected Book on Ophthalmology* and His Treatment of Trachoma and Its Sequelae,» *Journal for the History of Arabic Science,* vol. 4 (1980), pp. 147 - 206.

أما المستشفى فكان يعرف آنذاك بالبيمارستان، وغالباً ما اختصرت التسمية بكلمة مارستان، والأصل هو فارسي بيمار (الشخص المريض) وستان (المكان). وقد قرنت بعض الروايات اسم الخليفة الأموي الوليد الأول (ابن عبد الملك) (٨٦ ـ ٩٦هـ/ ٧٠٥ ـ ٧١٥م) بتأسيس مأوى في دمشق، وربما كان مستشفى لمرض الجذام. بيد أن روايات أخرى أشارت إلى أنه أوجد مصلحة لأدلاء العميان، وأخرى لخدم المقعدين، ومساعدة مالية للبرص[٣٥].

إن أقدم مستشفى نملك وثائق عنه قد بناه أمير مسلم من بغداد، ومن المحتمل أن يكون يحيى بن خالد بن برمك وزير الخليفة هارون الرشيد (١٧٠ ـ ١٩٣هـ/ ٧٨٦ ـ ٨٠٩م)؛ إننا لا نعرف سوى تفاصيل ضئيلة تتعلق بهذا التأسيس، ولكن أبحاثاً حديثة العهد قد أظهرت أنه لم يكن على نمط بناء جنديسابور. ولا يوجد أي سبب يدعونا لكي نقرن بناء المستشفى باسم طبيب نسطوري، لكن أهمية الدور الذي لعبته عائلة بختيشوع كأطباء في بلاط الخلفاء، تدفعنا للاعتقاد بأن هؤلاء الأطباء قد لعبوا دوراً هاماً في إدارة وتسيير هذا المستشفى الأول في بغداد.

وخلال مئة سنة ونيف، شيدت خمسة بيمارستانات جديدة في هذه المدينة المذكورة. وحسب بعض الروايات، فقد أمر أحد الوزراء، في بداية القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، بتقديم العنايات اليومية للسجناء، وتنظيم زيارات طبية، في إطار مستوصف جوال في قرى جنوب العراق. وقد كان المستشفى العضدي، الذي بناه الحاكم البويهي عضد الدولة سنة ٣٧٢هـ/ ٩٨٢م، أشهر مستشفيات بغداد على الإطلاق. فقد عمل فيه عند تأسيسه خمسة وعشرين طبيباً، كان من بينهم أطباء عيون وجراحون ومجبرون. كما وصفه أحد الرحالة سنة ٥٨٠هـ/ ١١٨٤م، بأنه يشبه بضخامته قصراً منيفاً.

شيد في مصر أول مستشفى في القطائي، في الناحية الجنوبية الغربية من القاهرة المعاصرة، وذلك سنة ٢٦٠هـ/ ٨٧٢م، خلال إمارة أحمد بن طولون حاكم مصر العباسي. أما الأمر المؤكد فهو أن هذا المستشفى هو الأقدم من حيث الاعتناء بالمجانين. ويروى أن مستشفيين آخرين قد شيدا في الفسطاط (القاهرة القديمة) قبل سنة ٩٠٠م، لكن هذا الأمر يحتاج إلى التأكيد. كما شيد صلاح الدين، في القرن الثاني عشر للميلاد المستشفى الناصري في القاهرة (الجديدة)، لكن المستشفى المنصوري تجاوزه من حيث الضخامة والأهمية، وقد أنجز سنة ٦٨٣هـ/ ١٢٨٤م بعد أحد عشر شهراً من المباشرة ببنائه. وبقي هذا الأخير المركز الطبي الرئيس في القاهرة إبان القرن التاسع للهجرة/ الخامس عشر للميلاد. كما أن مستشفى النوري في دمشق ظل أحد أكبر المراكز الطبية لذلك العصر منذ بداية تأسيسه في

(٣٥) لوس انجلس، جامعة كاليفورنيا، المكتبة الطبية الحياتية، مجموعة الشرق الأدنى، ١٠٦٢، مخطوطة ٨٠، تاريخ الحاشية ٦٤٠/ ١٢٤٢. انظر: Iskandar, «Ibn al-Nafīs,» vol. 9, pp. 602 - 606.

منتصف القرن السادس/ الثاني عشر وحتى القرن التاسع للهجرة/ الخامس عشر للميلاد حيث كانت المدينة تحوي خمسة مستشفيات أخرى.

لقد شيدت المستشفيات في جميع أنحاء العالم العربي إذ لم تقتصر فقط على بغداد ودمشق والقاهرة. فقد شيد أحدها في القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد في القيروان عاصمة تونس العربية. كما شهدت مكة والمدينة المنورة، في وقت مبكر جداً، ظهور مستشفيات أخرى. وكذلك ظهر العديد منها في بلاد فارس، حيث أدار الرازي مستشفى الري قبل مغادرته إلى بغداد. وازدهرت مستشفيات العثمانيين في تركيا بدءاً من القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد، كما حوت المقاطعات الهندية بعضها. وبالقياس إلى هذا الواقع فقد تأخر نشوؤها في بلاد الأندلس، بحيث إن أكثرها قدماً ربما كان ذلك الذي بني في غرناطة سنة ٧٦٨هـ/ ١٣٩٧م.

إننا نملك معلومات وفيرة عن تنظيم المستشفيات السورية والمصرية الكبيرة في القرنين السادس والسابع للهجرة/ الثاني عشر والثالث عشر للميلاد. فقد شيدت هذه المستشفيات وفق تصميم على شكل صليب بأربعة أواوين مركزية أو قاعات مقببة مع حجرات عديدة متاخمة لها: كالمطابخ، وغرف المؤن، والصيدلية، وغرف سكن للمستخدمين، بالإضافة إلى مكتبة في بعض الأحيان. . . وكان كل إيوان مجهزاً عادة بنوافير تؤمن المياه النظيفة والمعدة للاستعمال في الحمامات. كما كانت توجد غرفة منعزلة للنساء المرضى، وأماكن أعدت خصيصاً للعلاجات المختلفة: كآلام المعدة والأمعاء (وبخاصة الزحار والإسهال)، والتشوشات البصرية والحمى. كما كان هناك مكان أيضاً للحالات الجراحية، وقاعة خاصة للأمراض العقلية. وكان في بعض المستشفيات قسم لمعالجة التهابي المفاصل ومخاطية الأنف (المبرودون). كما كان يوجد مستشفى نهاري مع مستوصف مجاني لتوزيع العقاقير. أما الفريق الطبي فكان يضم صيادلة ومجموعة من الأطباء المناوبين الذين يتقاضون أجورهم لقاء الحراسة أو زيارة المرضى، ولوصف العلاجات. وكان يعاونهم في ذلك ممرضون، وعدد كبير أيضاً من الخدم رجالاً ونساء (فراشين) لتقديم العنايات الأساسية للمرضى. كما كان هناك معلمون، وربما طلاب طب يؤلفون فريقاً غير محترف. لذلك كانت الميزانية ضخمة، وفي الواقع فإن ميزانية مستشفى المنصوري في القاهرة كانت الأبرز بين مثيلاتها من المؤسسات العامة كافة في القاهرة. وكان على رأس المستخدمين مدير (ناظر) مسؤول عن إدارة المستشفى غير محترف لمهنة الطب على وجه العموم. وكان تعيين هذا المدير يخضع لعوامل سياسية في أغلب الحالات، وكان منصبه خاضعاً للتقلبات الطارئة التي تتعرض لها حظوته عند الأمير. وفي الواقع فقد كان منصب مدير المستشفى هذا يدر أكثر الأرباح. ومن جهة أخرى، كان رئيس الفريق المولج بالعناية طبيباً.

كانت جميع المستشفيات في أرض الإسلام ممولة بواسطة عائدات المؤسسات الخيرية المعروفة بالأوقاف. فكان الأغنياء، ولا سيما الحكام يقدمون ملكيات كتبرعات يعود ريعها

لإنشاء المؤسسة وصيانتها، وقد تشكلت هذه الهبات من دكاكين، ومطاحن، وخانات للقوافل وحتى من قرى بأكملها. فكان ايراد هذه التبرعات يستخدم لصيانة المستشفى ولتغطية تكاليف عمله، وفي بعض الأحيان، لتقديم مساعدة مالية صغيرة للمرضى الذين فقدوا عملهم. كما أن الدولة كانت بدورها تخصص جزءاً من ميزانيتها لصيانة المستشفى. فالخدمات الاستشفائية كانت مجانية، وإن كان باستطاعة بعض الأطباء أن يتقاضوا، وبشكل فردي، بدل أتعابهم.

أما فيما يخص المستشفى كمكان للتعليم، فالمعلومات التفصيلية المتوفرة لدينا بهذا الخصوص ضئيلة. إننا نملك روايات عن دروس كانت تلقى في بعض المستشفيات كالمستشفى العضدي في بغداد، لكننا لا نعرف عدد المستشفيات التي كانت تمارس هذا النوع من التعليم. فقد كان الإعداد الاستشفائي قرب سرير المريض، سواء أكان تمريناً أم تعليماً، جزءاً من الإعداد الطبي لعدد هام من الأطباء الذين تعلموا بطريقة تقليدية. ولا نعرف على وجه الدقة ما إذا كان الطلبة يتقاضون منحة على غرار أولئك التابعين للمؤسسات التعليمية الأخرى كالمدارس (ويقصد بها مراكز تعليم الشريعة). وكان الطلبة يلقون تشجيعاً لاكتساب المعرفة السريرية. ويبدو هذا الأمر واضحاً في استشهاد للمجوسي الذي كان طبيب مؤسس المستشفى العضدي في بغداد[٣٦]، فقد قال:

«ومما ينبغي لطالب هذه الصناعة أن يكون ملازماً للبيمارستانات ومواضع المرضى كثير المداولة لأمورهم وأحوالهم مع الأستاذين من الحذاق من الأطباء كثير التفقد لأحوالهم والأعراض الظاهرة فيهم متذكراً لما كان قد قرأه من تلك الأحوال وما يدل عليه من الخير والشر فإنه إذا فعل ذلك بلغ من هذه الصناعة مبلغاً حسناً»[٣٧].

---

(٣٦) المجوسي، **الكتاب الكامل في الصناعة الطبية المعروف بالملكي**، ج ١، ص ٩، الأسطر ٢ ـ ٦.

(٣٧) ببليوغرافيا إضافية، انظر: Dols, «The Leper in Medieval Islamic Society,» pp. 891-916 and Michael Walters Dols, «Insanity in Byzantine and Islamic Medicine,» *Dumbarton Oaks Papers,* vol. 38 (1984), pp. 135 - 148; D. M. Dunlop G.S. Colin et B.N. Sehsuvaroglu, «Bīmāristān,» dans: *Encyclopédie de l'Islam,* vol. 1, pp. 1259 - 1262;

أحمد عيسى، **تاريخ البيمارستانات في الإسلام**، پول باربي (Paul Barbey) (القاهرة: [د. ن.]، ١٩٢٨)؛ نشرة متممة بالعربية (دمشق: المطبعة الهاشمية، ١٩٣٩)؛ ط٢ (بيروت: دار الرائد العربي، ١٩٨١)؛ Spies and Müller - Bütow, Ibid., pp. 11 - 18; Gary Leiser, «Medical Education in Islamic Lands from the Seventh to the Fourteenth Century,» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences,* vol. 38 (1983), pp. 48-75 and especially p. 54, note (18), and Solomon Dob Fritz Goitein, «The Medical Profession in the Light of the Cairo Geniza Documents,» *Hebrew Union College Annual,* vol. 34 (1963), pp. 177-194 and especially pp. 183 - 187.

وحول المستشفيات في اسبانيا، انظر: Dieter Jetter, *Geschichte des Hospitals, Bd. IV: Spanien von den Anfängen bis um 1500* (Wiesbaden: Franz Steiner, 1980).

وحول آخر مستشفيات المماليك، انظر: Carl F. Petry, *The Civilian Elite of Cairo in the Later* =

صنعة الطب كمهنة

إن المعلومات عن عدد الأطباء في المدن الإسلامية في القرون الوسطى هي ضئيلة ويصعب توضيحها.

لقد قدرت نسبة الأطباء، في بغداد سنة ٣١٩هـ/ ٩٣١م بحوالى طبيب واحد لكل ثلاثمئة فرد[٣٨]. وكانت هنالك من دون شك، مناطق، وبشكل خاص الريفية منها، تفتقر إلى وجود أطباء تم إعدادهم فعلاً لممارسة الطب. والدليل على ذلك هو توفر العدد الكبير من كتيبات أعدت لممارسة الاستشفاء الشخصي، وبخاصة للرحالة الذين يجوبون أماكن تفتقر إلى الأطباء.

أما فيما يتعلق بالشهرة والكسب المادي، فإننا نجد وفي الذروة من هذه المهنة الأطباء الذين حظوا بحماية خليفة أو أمير أو وزير. لكن مراكز كهذه لم تكن بمنأى عن الخطر، فالحامي قد يكون قاسي القلب متقلب الأطوار. إننا نعلم أن بعض الحكام قد وصلوا إلى حد مصادرة المكتبات وسجن أطبائهم، كما أن هنالك أكثر من طبيب سرعان ما فقد حظوة حام نافذ لأنه أخفق في علاجه. ومن بعض أولئك الأطباء ذوي الثقافة العالية من برز في ميادين أخرى من العلوم، كالشريعة والفلسفة، وحاز المجد والثروة من جراء ممارسة التعليم في هذه المجالات. ويبدو أن اقتران اسم طبيب بمستشفى معين كان دليل تفوق وبروز. فالذين يتمتعون أكثر من غيرهم بالاحترام هم وحدهم يحصلون على المراكز[٣٩]. وإلى جانب هؤلاء الذين حظوا بعطف أصحاب السلطة والنفوذ، كان معظم الأطباء على وجه الاحتمال يحصلون على دخل يوازي دخل حانوتي أو بائع[٤٠].

وفي جميع كتابات الأطباء المثقفين تقريباً، توجد طرائف شائعة عن الأطباء غير المؤهلين والمتبجحين والدجالين، وتظهر معظم هذه الطرائف كانعكاس لميل مشترك عند البشر جميعاً، غايته إدانة ما وصلت إليه الأنماط من انحطاط، وهذا أمر شائع في الأدب

= *Middle Ages* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1981), pp. 140 - 141, 216, 332, 341 and 432 - 433.

وحول ميزات الهندسة المعمارية للإيوان، انظر: O. Grabar, «Iwān,» dans: *Encyclopédie de l'Islam,* vol. 4, pp. 299 - 301.

(٣٨) Franz Rosenthal, «The Physician in Medieval Muslim Society,» *Bulletin of the History of Medicine,* vol. 52 (1978), p. 479.

(٣٩) Goiten, Ibid., p. 187.

(٤٠) انظر: المصدر نفسه، ص ١٩١ ـ ١٩٢؛ انظر أيضاً: Rosenthal, Ibid., pp. 481 - 484; Dols, *Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwān's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt,* pp. 37-39, and H. H. Biesterfeldt, «Some Opinions on the Physician's Remuneration in Medieval Islam,» *Bulletin of the History of Medicine,* vol. 58 (1984), pp. 16 - 27.

منذ العصور القديمة الكلاسيكية وحتى أيامنا هذه. كما أن هذه الطرائق من ناحية أخرى، انعكاس لنقص في التشريعات المحددة بوضوح من قبل الدولة أو لضعف الضبط والتنظيم الذاتي للمهنة بحد ذاتها. إن تحديد مدى انتشار ممارسة الشعوذة هو مسألة جدية. أما أهم مصدر يتعلق بالطرق التي مارسها المشعوذون فهو للكاتب السوري عبد الرحيم بن عمر الجوبري الذي عاش في القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد وأمضى القسم الأكبر من حياته في دمشق، وكان بارعاً في المهنة على طريقة صاحب «اليد الخفيفة». فقد كتب مؤلفاً كاملاً عرض فيه الممارسات الطبية الاحتيالية ضمنه فصولاً عديدة للأطباء المتجولين ولبائعي العقاقير.

كما أن الرازي ضمن أيضاً كتابه الذي أهداه إلى المنصور، نقداً قديماً للأطباء المشعوذين[٤١]:

«إن مخاريق هؤلاء كثيرة، يضيق عن ذكرها كتابنا هذا بأسره، وجرأتهم واستحلالهم تعذيب الناس باطلاً في الغاية التي لا وراءها غاية. فإن منهم من يزعم أنه يبرىء من الصرع، بأن يشق وسط الرأس شقاً صليبياً، ثم يخرج أشياء قد أعدها معه، يوهم بخفته وتمويهه أنه أخرجها من ذلك الشق. ومنهم من يوهم أنه يخرج من الأنف سام أبرص، فيدخل في أنف المعالج الشقي خلالة أو حديدة، ويحكه حتى يدميه، ثم يشيل من هناك أشياء قد أعدها معه على شكل هذه الدابة، متخذة من عروق الكبد. ومنهم من يوهم أنه يرفع البياض من العين رفعاً، فيدخل في العين حديدة ينكأها، ثم يدس فيها غشاءً رقيقاً، ويخرجه من هناك. ومنهم من يوهم أنه يمص الماء من الأذن، فيضع عليها أنبوبة، ويرسل من فمه شيئاً فيها، ثم يمصه. ومنهم من يدس الدود المتولد في الجبن في الأذن، وفي أصول الأضراس، ثم يخرجه من هناك. ومنهم من يوهم أنه يخرج الضفدع من تحت اللسان، فيجرح ويشق هناك شقاً ثم يدس فيه غدة ويخرجها منه. وأما دسهم العظام في القروح وتركهم لها فيها أياماً، فما أكثر ما يفعلونه! وربما أخرجوا من المثانة حصاة ويدبرون هناك أخرى، ويوهمون أنهم يخرجونها من هناك. وربما لم يستيقنوا عند جس المثانة، أن فيها حصاة، فأقدموا على شقها جرأة واستحلالاً وقلة مبالاة، ثم يدخلون الإصبع من الشق، فإن أصابوا حصاة أخرجوها، وإنْ لم يكن هناك حصاة دسوا فيها حصاة ثم أخرجوها. وأما قطعهم لحم المقعدة على أن فيها بواسير، فشيء لا يزالون يفعلونه، ويولدون على الناس بذلك قروحاً ونواصير بالحقيقة. ومنهم من يزعم أنه يخرج الخام من الذكر أو من مواضع أخر من الجسد فيشرط الموضع أو يضع على رأس الذكر أنبوبة، أو على

(٤١) Abū Bakr Muḥammad Ibn Zakarīyā al-Rāzī, *Kitāb al-Manṣūrī*, vii, p. 27; text edited by:

ألبير زكي إسكندر، «الرازي ومحنة الطبيب،» **المشرق**، السنة ٥٤، الجزء الرابع (تموز/ يوليو ـ تشرين الأول/ أكتوبر ١٩٦٠)، ص ٤٨٧ ـ ٤٩٢. لقد أخذت الترجمة عن تلك العائدة لـ: Leiser, «Medical Education in Islamic Lands from the Seventh to the Fourteenth Century,» pp. 66 - 67.

ذلك الموضع ثم يمصها مرات ويرسل من فمه فيها شيئاً، ويصبه من هناك في الطست. ومنهم من يزعم أنه يجمع الداء إلى موضع واحد من الجسد ثم يخرجه من هناك، فيدلك ذلك الموضع بالكبيكح، فيهيج فيه حكة شديدة، ثم يسأل أجره على إخراجه ذلك الداء من ذلك الموضع، وإذا أعطاه مسحةً بالدهن سكنت الحكة. ومنهم من يوهم أن الإنسان قد سقي الشعر والزجاج فيأخذ ريشة ويقيئه بها ويدس ذلك في حلقه ثم يخرجه منه، إلى أشياء كثيرة من هذا الجنس يعملونها، يعظم ضرورها على الناس وربما أتلفوهم بها، وإنما تخفى على العقلاء إذا استرسلوا في أيديهم، وتهاونوا، ولم يظنوا بهم سوءاً ولم يتهموهم، فأما إذا استقصى تفقدهم بأعين كثيرة متهمة لهم، ظهر كذبهم وبان باطلهم وليس ينبغي أن يؤخذ من الأدوية التي يعطونها، فإنها قد أتلفت خلقاً كثيراً».

ومما تجدر الإشارة إليه هو أن جميع الانتقادات لهذه الممارسات الطبية المسيئة أو الاحتيالية لا تأتي على ذكر استعمال الأحجبة والطلاسم والتعاويذ ولا تتطرق كذلك إلى الطرق التي أوصى بها «الطب النبوي». ويحتل وصف وانتقاد الأطباء غير المؤهلين والمزيفين حيزاً من مقالات أكثر اتساعاً تدور حول مواضيع عامة ترتبط بآداب مهنة الطب. ففي الأدب العربي تشير مقالات كهذه إلى سلوك وتعليم الأطباء الجيدين، وهي تنتمي بدورها إلى نوع أوسع معروف باسم «أدب»، يتمحور حول سلوك اجتماعي خاص. وتبين هذه المقالات التأثير الهائل لكتابات مدرسة أبقراط وجالينوس حول سلوك طبي جيد، لأن مقالات هذه المدرسة الأخيرة تحتوي على قيم عديدة تتوافق مع الممارسة الأخلاقية الإسلامية.

إن أقدم مقالة عربية في آداب مهنة الطب تعود إلى إسحاق بن علي الرهاوي، حوالى القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد، وهي بعنوان **أدب الطبيب**. وقد نصت على الكثير من المبادىء، فالطبيب، على سبيل المثال، ينبغي عليه أن يراعي نظافته الشخصية، وأن يرتدي ثياباً ملائمة، وأن يكون كريم النفس، مثقفاً باحثاً عن الحقيقة. كما ينبغي عليه أن يكسب ما يكفيه لتربية وتعليم أبنائه دون اللجوء إلى مهنة أخرى غير الطبابة. وعليه أيضاً أن يأخذ من الغني ليكون بمقدوره مساعدة الفقير. وأن يراعي في تصرفه أصولاً خاصة عند عيادته المرضى. إضافة إلى ذلك، فقد كان لكتاب **جوامع الكلم** *Aphorismes* لأبقراط أثر واسع في النصوص العربية الطبية، إذ تعاقبت الكتابات والشروحات المقتضبة التي تحتوي في قسم كبير منها على مسائل آداب مهنة الطب وعلى طبيعة الصنعة ووظيفة الطبيب الفريدة.

وإزاء هذا الأدب الذي صاغ معايير السلوك، هنالك سؤال يطرح نفسه: هل توفرت الوسائل لفرض مثل هذه القواعد؟ والجواب عن ذلك أنه لم تكن هناك وبالتأكيد أية قواعد في تعليم الطبيب وإعداده. هناك عائلات من الأطباء كانت الممارسة عندها شيئاً أساسياً ويبدو هذا جلياً في عائلة بختيشوع، وكذلك في عائلة ابن زهر التي أعطت خمسة أجيال من الأطباء الإسبان، ومن بين هؤلاء امرأتان طبيبتان مارستا الخدمة عند عائلة الأمير الموحدي أبي يوسف يعقوب المنصور (٥٨٠ ـ ٥٩٥هـ/ ١١٨٤ ـ ١١٩٩م). كما كان هناك

أيضاً أطباء عصاميون كابن سينا، الذي سعى إلى تعلم الطب بنفسه، على الرغم من أنه تلقى علوماً أخرى على يد معلمين. وينبغي إضافة ابن رضوان إلى العصاميين في الطب؛ وقد كتب هذا الأخير مقالة دافع فيها عن طريقته في اكتساب الصنعة، بينما انتقدها آخرون بعنف كابن بطلان.

كانت دراسة الطب تتم بشكل رئيس، على يد معلم خاص يتعهد تلميذه ويشرف عليه. ويبدو، كما رأينا سابقاً، أن تعليماً كان يتم في بعض المستشفيات، في بغداد بشكل رئيس، ومن بعدها في الشام والقاهرة. كما كانت تعطى دروس للطلاب الذين لا يتلقون الطب في دائرتهم العائلية، وكانت تجمعاتهم تعقد خارج المستشفى، وبشكل أساسي في الجوامع والمساكن الخاصة. وكانت هناك مدارس أيضاً تلقن بعض طلابها دروس الطب بالإضافة إلى مواضيع أخرى ملحقة كالرياضيات مثلاً. غير أن الفقه الإسلامي كان يشكل دائماً التعليم الأساسي لهذه المؤسسات، باستثناء مدرسة واحدة منها وهي المدرسة التي أوجدها قبل وفاته المعلم والطبيب الدمشقي الكبير الدخوار، وقد خصصها لتدريس الطب فقط. وكانت كمثيلاتها من المدارس الأخرى تقدم منحاً لبعض طلابها. وقد أورد تلميذه ابن أبي أصيبعة ما يأتي:

«ولما كان في سنة اثنتين وعشرين وستمائة. . . وقف داره وهي بدمشق عند الصناعة العتيقة شرقي سوق المناخليين وجعلها مدرسة يدرس فيها من بعده صناعة الطب ووقف لها ضياعاً وعدة أماكن يستغل منها ما ينصرف في مصالحها وفي جامكية المدرس وجامكية المشتغلين بها»[٤٢].

وبحسب ابن أبي أصيبعة، فإن افتتاح هذه المدرسة كان مناسبة لإقامة احتفال هام في الثامن من ربيع الأول سنة ٦٢٨ هـ الموافق الخامس عشر من كانون الثاني/ يناير سنة ١٢٣١م، أي بعد وفاة الدخوار بحوالى شهر. وتفيدنا مصادر أخرى بأنها كانت لا تزال تعمل في سنة ٨٢٠هـ/ ١٤١٧م عندما أجريت فيها بعض التصليحات. وتبين مصادر أخرى أحدث منها[٤٣] أنه كان في دمشق مدرستان إضافيتان مخصصتان لتعليم الطب إبان القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد. لكن يبدو أنهما من الطراز الأكثر كلاسيكية، حيث

---

(٤٢) انظر: أبو العباس أحمد بن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، تحقيق ونشر أ. مولر (القاهرة؛ كونغسبرغ: [د. ن.]، ١٨٨٢ ـ ١٨٨٤)؛ ج ٢، ص ٢٤٤، الأسطر ٢٠ ـ ٢٧؛ طبعة جديدة (بيروت: دار مكتبة الحياة، ١٩٦٥).

(٤٣) انظر: عبد القادر النعيمي، **الدارس في تأريخ المدارس**، تحقيق جعفر الحسني (دمشق: [د. ن.]، ١٣٦٧ هـ/١٩٤٨ م)، مج ٢، ص ١٣٣ ـ ١٣٨. تجدر مقارنته مع: أبو عبد الله محمد بن علي بن شداد، **الأعلاق الخطيرة في ذكر الشام والجزيرة**، دمشق، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، سلسلة إحياء التراث العربي؛ ٤٩ و٥٠، ٣ ج: ج ١، تحقيق دومينيك سورديل؛ ج ٢: تحقيق سامي الدهان؛ ج ٣: تحقيق يحيى عبارة (دمشق: المعهد الفرنسي للدراسات العربية، ١٩٥٣ ـ)، ص ٢٦٦، و Leiser, Ibid., p. 58.

كانتا تعلمان أحكام الفقه أولاً، ومن ثم الطب في الدرجة الثانية. فالمنهاج والتدرب في نظام تربوي على هذا القدر من عدم وضوح المعالم لا يكونان دائماً منتظمين وخاضعين للمعايير والمراقبة.

ففي بعض المناطق كان رئيس الأطباء يشرف على سير عمل مهنة الطب، يعاونه في ذلك محتسب، ولكن لسوء الحظ، إننا لا نعلم إلا النزر اليسير عن صلاحيات وواجبات رئيس الأطباء هذا(٤٤): فعلى سبيل المثال، عندما أصبح ابن التلميذ رئيساً لأطباء بغداد، تفحص أهلية وكفاءات طبيب ما، لكننا لا نعرف شيئاً عن النتيجة وما استتبعها. وعندما كلف الدخوار «رياسة أطباء ديار مصر بأسرها وأطباء الشام»، عهد إليه السلطان الأيوبي بالتالي(٤٥): «النظر في أمر الكحالين واعتبارهم وأن من يصلح منهم لمعالجة أمراض العين ويرتضيه يكتب له خطه بما يعرفه منه ففعل ذلك». ولكن تنقصنا التفاصيل الدقيقة: فمثلاً لا يقول لنا شيئاً عن عدد أطباء العيون المنوه عنهم سابقاً، ولا عن طبيعة الامتحان (النظر)، ولا عن السبب الذي من أجله تم اختيار أطباء العيون لهذا الاختبار.

وكانت إحدى مهام المحتسب، وهو مراقب ومفتش الأسواق، والمباني والخدمات العامة، تتمثل في منع عمليات الغش ليس فقط عند الحرفيين بل وأيضاً عند صانعي العقاقير والجراحين والأطباء. وكانت صلاحياته تشمل مراقبة الأوزان والقياسات، والسهر على نظافة الشوارع، وإزالة البؤر غير الصحية، والتزود بالماء، بالإضافة إلى مهام أخرى تختلف في أهميتها من مدينة إلى أخرى. ولقد ألف لهذا الغرض مجموعة من **دليل المحتسب** وهي كتيبات وضعت لمساعدته في أداء مهامه. وقبل القرن السادس للهجرة/الثاني عشر للميلاد، كانت هذه الكتيبات تذكر بإيجاز فقط مهنة الطب، ولا سيما فيما يخص العقاقير والأوزان والقياسات. فإبان حكم صلاح الدين كتب طبيب اسمه الشيزري، وكان يمارس الطب في حلب، مقالة أشار فيها إلى واجبات المحتسب، حيث ذكر تفاصيل كثيرة عن مراقبة مجموعة الأطباء. وربما بسبب كونه طبيباً، وليس قاضياً كأكثرية مؤلفي هذه الكتيبات، فقد أفرد حيزاً أكبر للقواعد المرتبطة بمهنة الطب.

ففي رأيه يجب على الأطباء أن يؤدوا قسم أبقراط أمام المحتسب. وقد حدد أهلية أطباء العيون (كحالون) تبعاً لمعايير **كتاب العشر مقالات في العين** لحنين بن اسحق؛ كما امتحن معارف المجبرين مستخدماً جزءاً من الموسوعة الطبية للكاتب البيزنطي بولس الإيجيني، وكفاءات الجراحين بواسطة كتاب جالينوس. وقد وضع أيضاً قاض من مصر اسمه ابن أخوّة، في القرن التالي، كتيباً آخر يستخدمه المحتسب، ردد فيه حرفياً تقريباً

---

(٤٤) انظر: Ibn al - Nafīs, *The Theologus Autodidactus of Ibn al-Nafīs*, p. 18, and Dols, Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwan's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt, p. 36 and note (188).

(٤٥) انظر: ابن أبي أصيبعة، المصدر نفسه، ج ٢، ص ٢٤٢، الأسطر ٧ ـ ٨.

المعلومات التي كان الشيزري قد أتى على ذكرها.

وعلى الرغم من وجود هذه الكتيبات التي تؤكد ضرورة خضوع الأطباء لامتحان يحدد أهليتهم، ومن وجود المقالات المتعلقة بآداب مهنة الطب التي توصي بإجراء مقابلات مع الأطباء بهدف كشف ومنع المشعوذين، إلا أننا لا نملك سوى القليل من الشواهد على انتشار وانتظام هذه الاختبارات؛ فكيف كانت تتم غالباً؟

وفي الواقع، فإن التدقيقات المحصاة هي قليلة جداً، كما أن الاختبارات الرسمية التي تم إجراؤها هي بدورها قليلة أيضاً. فلدينا حالات ثلاث في بغداد. تعود **الأولى** إلى القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد: فقد قدِّمت لائحة مغلوطة من العقاقير إلى الصيادلة المطلوب اختبارهم؛ وبنتيجة الامتحان استبعد جميع الذين لم يتعرفوا إلى العقاقير الرديئة. وكانت الحالة **الثانية** سنة ٣١٩هـ/ ٩٣١م، عندما أجرى سنان بن ثابت بن قرة، بناء لأمر من الخليفة، اختباراً عاماً لجميع أطباء بغداد، تشير المصادر الراوية لذلك الامتحان إلى أنه لم يكن دقيقاً على الإطلاق. أما الحالة **الثالثة** فهي منسوبة إلى ابن التلميذ عندما امتحن طبيباً طويل الباع في التجربة التطبيقية، لكنه وجد معلوماته النظرية ضعيفة جداً[(٤٦)]. كما أشير إلى حالة **رابعة** في دمشق وهي امتحان أطباء العيون في الشام، الذي أجراه الدخوار بتكليف من الحاكم الأيوبي. وتشير الشواهد القليلة على مثل هذا النوع من الرقابة ووضع المعايير إلى السمة الكيفية لهذه الامتحانات.

صحيح أنه كتبت مقالات حول اختبارات الأطباء (مهنة الطبيب)، شملت أسئلة في علم التشريح وفي نظرية الأمزجة وفي تشخيص الأمراض، إذ ألف ابن ماسويه والرازي مثلاً مقالات في هذه المواضيع. غير أن هذه المؤلفات قد تم وضعها بشكل واضح استناداً إلى كتابات جالينوس وأبقراط في الموضوع نفسه. ويبدو أن هدف مثل هذه المقالات لم يكن إجراء الامتحانات الرسمية، بل مساعدة المرضى في تحديد كفاءة طبيبهم[(٤٧)].

وهكذا، فإن الكثير من المقالات تظهر على شكل أسئلة وأجوبة، كمقالة حنين بن اسحق الواسعة الانتشار **المسائل في الطب للمتعلمين**، التي أثارت عدداً كبيراً من الشروحات، ومقالة الرازي **كلام الفروق بين الأمراض**. ومن المحتمل أن هذا النوع من الأدب لا يعكس أبداً نظاماً للقواعد والامتحان (دقيقاً أو غير دقيق)، ولكنه يتمثل في

---

(٤٦) فيما يخص هذه الأمثلة الثلاثة، انظر: Dols, Ibid., pp. 32 - 33 and note (16), and Leiser, «Medical Education in Islamic Lands from the Seventh to the Fourteenth Century,» pp. 48-75.

(٤٧) غير أن الشيزري يؤكد في كتابه المخصص للمحتسب أن على هذا الأخير أن يمتحن الأطباء فيما نص عليه حنين بن اسحق في كتابه المعروف تحت اسم **مهنة الطبيب**؛ كما فيما نص عليه كتاب جالينوس **مهنة الطبيب** وبالكاد نجد طبيباً يمكنه أن يكون بمستوى ما يتطلبه جالينوس. انظر: أبو الفضائل عبد الرحمن بن نصر الشيزري، **نهاية الرتبة في طلب الحسبة**، تحقيق السيد الباز العريني بإشراف محمد مصطفى زيادة (القاهرة: لجنة التأليف والترجمة والنشر، ١٣٦٥هـ/ ١٩٤٦م)، ص ٩٩ ـ ١٠٠.

شروحات مقطعية مجمعة بقصد تأليف دليل موجز للمتعلمين أو مفكرة للتشخيص السريع للحالات المرضية وللمبادئ الأساسية لطب الأمزجة.

لا تبرز الوثائق التاريخية المنقولة البراءة التي يحصل بموجبها الطبيب على حق ممارسة مهنته (الإجازة)[٤٨] بعد انتهائه من تعلم الطبابة، فتلك الوثائق هي بعيدة عن إيضاح كل ملابسات هذا الموضوع. فهذه البراءة هي وليدة استعمال خاطىء للمصطلح الذي استخدم بمفهوم آخر ولزمن آخر أيضاً، إذ إن المصطلح «إجازة» يعود إلى الشهادة التي كان يعطيها المعلم، والتي كانت تكتب على نسخة من كتاب يستعملها الطالب، وبموجبها يؤكد المعلم أن هذا الطالب قد قرأ الكتاب وباستطاعته تعليمه لاحقاً، وبجدارة. كان هذا التدبير شائعاً في مجال الفقه والشريعة، وبخاصة في الأحاديث النبوية، وكثيراً ما ورد ذكره في فهارس مراجع القرون الوسطى المتعلقة بهذه المواضيع. وقد كانت هناك حالات معزولة في تطبيق هذه الممارسة على قراءة الكتب الطبية. لكن لا يبدو أن هذا الأمر ذو مغزى بشكل كاف لكي ينوه به في الأدب الفهرسي في القرون الوسطى.

ولدينا مثال يتعلق بإجازة معطاة لنص طبي، وهي محفوظة في مخطوطة عائدة لشرح كتبه ابن أبي صادق النيسابوري (ت بعد ٤٦١هـ/١٠٤٨م) حول كتاب **المسائل في الطب للمتعلمين** لحنين بن اسحق. فقد كتب هذه الإجازة ووقعها الطبيب موفق الدين يعقوب السامري في القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد؛ حيث نقرأ ما يلي: «قرأ علي هذا الجزء من شرح مسائل حنين الكبير لابن أبي صادق الحكيم العالم الفاضل المحصل أمين الدولة تادرس ولد الشيخ نصر بن مليح قرأه بحسب فهم ومساءلة وتحقيق وكتب يعقوب المتطبب السامري»[٤٩].

إلا أن هذه الحالات المعزولة حيث تعطى شهادات تثبت القراءة الكاملة للنصوص لا تكفي للإيحاء، وعلى أقل من ذلك أيضاً للبرهنة بأنها كانت طريقة معتمدة لإعطاء البراءات

---

(٤٨) انظر مثلاً: عيسى، **تاريخ البيمارستانات في الإسلام**، ص ١٦ ـ ٢٣، ونشرة متممة بالعربية (دمشق: المطبعة الهاشمية، ١٩٣٩)، ص ٤١ ـ ٤٣، و Sami Khalaf Hamarneh, «Origin and Functions of the *Ḥisbah* System in Islam and Its Impact on the Health Professions,» *Sudhoffs Archiv*, Bd. 48 (1964), p. 167.

وللمراجع الأكثر توسعاً، انظر: Dols, Ibid., p. 33, note (167).

وكانت شهادة الشرطة (تزكية) لحسن السلوك، تطلب في مصر في القرن الخامس/ الحادي عشر، لممارسة المهنة؛ انظر: Solomon Dob Fritz Goitein, *A Mediterranean Society; The Jewish Communities of the Arab World as Portrayed in the Documents of the Cairo Geniza* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1967 - 1971), pp. 246 - 247 and 250.

(٤٩) مخطوطة أوكسفورد، مكتبة بودلين، مارش ٩٨، الورقة ٢٠٨ أ. أخذت الترجمة عن: Anawati and Iskandar, «Ḥunayn Ibn Isḥāq,» vol. 15, p. 239.

في الطب بعد إكمال المدة المحددة للدراسة، لذلك رأينا العديد من الذين نادوا برفع مستوى مهنة الطب وضرورة فضح المحتالين والمزورين.

وأما دور المحتسب فكان يسمح، من دون أدنى شك، بإبطال الكثير من ممارسات الغش؛ كما كان ينصح بالعودة إلى بعض النصوص التي تسمح بتقويم كفاءة الأطباء. غير أننا لا نملك حالياً البراهين الكافية لإثبات وجود منهج منظم ومركزي للاختبارات والامتحانات الرسمية والمنهجية لامتحان كفاءة الأطباء ولو في منطقة جغرافية محدودة نسبياً[(٥٠)].

---

(٥٠) بيليوغرافيا إضافية: انظر: Dols, Ibid., pp. 24 - 42; Spies and Müller - Bütow, *Anatomie und Chirurgie des Schädels Insbesondere der Hals-, Nasen - und Ohrenkrankheiten nach Ibn al-Quff*, pp. 22 - 26; F. R. Hau, «Die Bildung des Arztes im Islamischen Mittelalter,» *Clio Medica*, Bd. 23 (1978), pp. 95 - 124 and 175 - 200, and Bd. 24 (1979), pp. 7 - 33; C. Cahen, «Hisba,» vol. 3, pp. 503 - 511, et Georges Vajda, «Idjāza,» vol. 3, pp. 1046 - 1047, dans: *Encyclopédie de l'Islam;* Goitein, Ibid.; Franz Rosenthal: «Life is Short, the Art is Long: Arabic Commentaries on the First Hippocratic Aphorism,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 40 (1966), pp. 226 - 245, and «The Defense of Medicine in the Medieval Islamic World,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 43 (1969), pp. 519 - 532; George Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West* (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1981); A. Z. Iskandar, «Galen and Rhazes on Examining Physicians,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 36 (1962), pp. 362 - 365; Hamarneh, Ibid., pp. 157-173, and G. T. Scanlon, «Housing and Sanitation: Some Aspects of Medieval Islamic Public Service,» in: Albert Habib Hourani and S. M. Stern, eds., *The Islamic City: A Colloquium* (Oxford: Bruno Cassirer; Philadelphia: University of Pennsylvania, 1970).

وحول نصوص الرهاوي والشيزري وابن أخوّة، انظر: Martin Levey: *Medical Ethics of Medieval Islam with Special Reference to al-Ruhawi's «Practical Ethics of the Physician»*, American Philosophical Society, Philadelphia, Transactions; v. 57, pt. 3 (Philadelphia: American Philosophical Society, 1967), and «Fourteenth Century Muslim Medicine and the *Ḥisba*,» *Medical History*, vol. 7 (1963), pp. 176 - 182;

الشيزري، **نهاية الرتبة في طلب الحسبة**، ولا سيما ص ٨٩ ـ ١٠٢، ونقولا عبدو زيادة، **الحسبة والمحتسب في الإسلام**، نصوص ودروس؛ ٢١ (بيروت: المطبعة الكاثوليكية، ١٩٦٣). وحول الجهبري، انظر: Eilhard E. Wiedemann, «Über Charlatane bei den Muslimen nach al-Gaubarī,» in: Eilhard E. Wiedemann, *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte*, Collectanea; VI, 2 vols. (Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970), vol. 2, pp. 749 - 775; S. Wild, «Jugglers and Fraudulent Sufis,» paper presented at: *Proceedings of the VIth Congress of Arabic and Islamic Studies (Stockholm, 1972)*, Vitterhets-historie och Antivitetsakademiens Handlingar, Filologisk-filosofiska Serien; 15 (Stockholm: [n. pb.], 1975).

الجراحة

كان هناك ميل، بشكل عام، لاعتبار الجراحة فرعاً متميزاً عن بقية العلوم الطبية، ولهذا فقد كرست لها على الأقل مقالات خاصة ومنفصلة. ففي الأجزاء المخصصة للجراحة



الصورة رقم (٢٧ ـ ١)

شرف الدين المعروف تحت اسم سابوندجو أوغلو،

كتاب في الجراحة (باريس، مخطوطة المكتبة الوطنية، ٦٩٣).

حرّر هذا الكتاب عام ٨٧٠/ ١٤٦٦ استناداً إلى كتاب الزهراوي.

ويضيف المؤلف بعض الفصول عن الأمراض الجلدية وتحضير الأدوية.

وتمثل هذه الصورة موضع فصد أحد الأطفال.

= وحول مقالات حنين بن اسحق والرازي، انظر: Ḥunayn Ibn Isḥāq, *Questions on Medicine for Scholars,* and Salame Kataya, *Quelle est la différence, diagnostics différentiels de Rhazes* (Aleppo: Aleppo University, 1978).

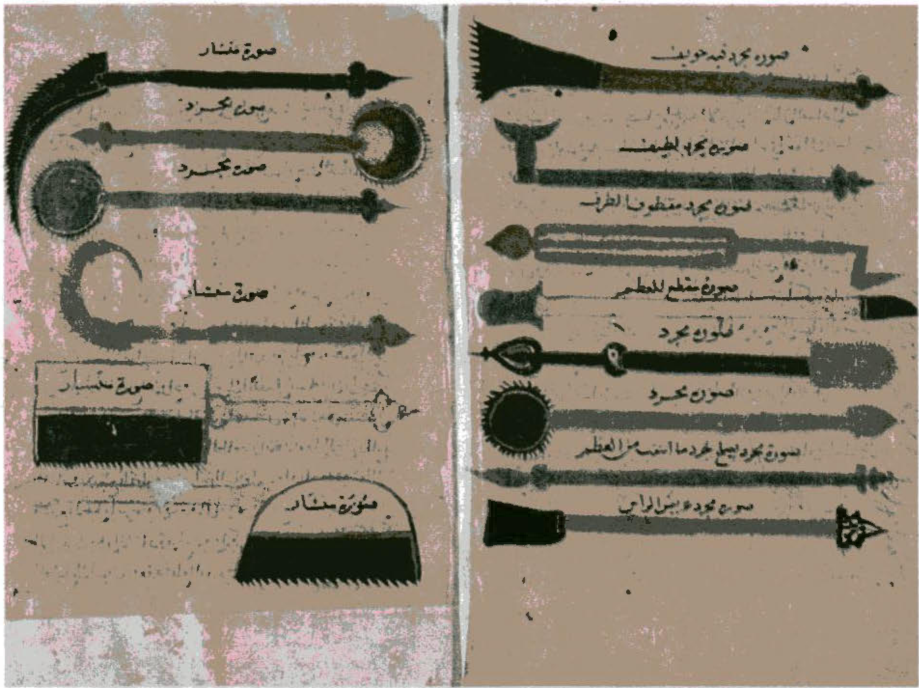
في الموسوعات أو في المقالات أحادية الموضوع الجراحية، يعالج تجبير الكسور (الجبارة) والفصد كشكلين للجراحة (جرابة). ويشتمل تعبير الفصد على تقنيات أربع: شق الوريد، ووضع المحاجم، والتشطيب، ووضع العلق. وكانت الطريقتان الأخريان أقل شيوعاً من الطريقتين الأوليين.

تأثرت التقنيات الجراحية تأثراً رئيساً بالفصل المخصص للجراحة من الموسوعة الطبية التي كتبها بولس الإيجيني حوالى سنة ٤٦٢ م. كما كان للكتابات اليونانية الأخرى أهمية بالغة أيضاً، وبخاصة مقالات جالينوس وأبقراط ومؤلفات أنتيلّوس في القرن الثاني للميلاد. وقد كانت الكتابات العربية أمينة لهذه المقالات الأولى ولكنها في الوقت نفسه أدخلت تقنيات جديدة وآلات حديثة، كما أدرجت بوفرة حالات سريرية جديدة وحقيقية. وبالإضافة إلى ذلك فقد ترافقت الظروف الطارئة الجديدة، في طب العيون مثلاً، مع إعداد طرق مبتكرة بشكل كامل.

كرس المجوسي وابن سينا للجراحة فصولاً واسعة في مؤلفاتهما، بينما نشر الرازي ملاحظاته الجراحية في جميع فصول مؤلفه **كتاب الحاوي**؛ كما كتب هذا الأخير فصلاً موجزاً مخصصاً للجراحة في الكتاب الذي أهداه للمنصور.

وأنهى أبو القاسم الزهراوي موسوعته الطبية بفصل عن الجراحة بارز جداً نظراً لما احتواه من رسوم عديدة للآلات يُظهر الميزة القوية لتجربته الشخصية. أما المقالة المتخصصة الوحيدة التي تناولت الجراحة بشكل مستقل والتي لها بعض الأهمية في الأدب الطبي، فهي تلك التي كتبها ابن القف في القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد؛ وقد استبعد عنها جميع العمليات الجراحية للعين، إذ اعتبر أنها تدخل ضمن نطاق عمل الاختصاصي. وقد حوت كل المؤلفات الأخرى تقريباً بعض الإشارات المتعلقة بطب العيون، لكن من دون ذكر التفاصيل والدقة الجلية التي تتميز بها المقالات الأحادية الموضوع والمتعلقة فقط بهذ الطب. إن تطبيقات القرنين العاشر والحادي عشر للهجرة/ السادس عشر والسابع عشر للميلاد في بلاد فارس الصفوية انطلقت من هذه الطرق العربية الأولى، إلا أن تقنيات جديدة كانت قد رأت النور آنذاك، ولا سيما تلك المتعلقة بمعالجة الجروح الناتجة عن السلاح الناري.

وبالطبع فقد حدَّ النقص في التطهير والتبنيج من نجاح الجراحة في ذلك العصر. كما كان من الصعب تحديد التقدير الدقيق لأهمية التقيح كمؤشر نجاح العملية الجراحية أو فشلها. وقد مورس القسم الأكبر من العمليات إثر الحوادث الطارئة أو بسبب جروح الحرب، فالالتهاب في هذه الحالة يمكن أن يحصل قبل العملية. ولم يكن يشار إلى ضرورة غسل المريض قبل علاجه، إلا عَرَضاً. ولكن بعد إجراء العملية، كانت المنطقة تنظف تكراراً وتضمد بالخل والماء، وبالماء المالح، وبالنبيذ، وبخليط من النبيذ وزيت الورد، أو



الصورة رقم (٢٧ ـ ٢)

الزهراوي، كتاب الجراحة (هولندا، مخطوطة ليدن، ٢٥٤٠).

نرى هنا صور لمجارد (آلات يُجرد بها الأسنان والأضراس، وآلات لكشط العظام وجردها ولمناشير ومقاطع العظام... الخ).



الصورة رقم (٢٧ ـ ٣)

الزهراوي، كتاب الجراحة،

ترجمه جيرار دو كريمون عن اللاتينية (أوكسفورد، مخطوطة مكتبة بودلين، ٣٦٠).

لم ينسَ جيرار دو كريمون، في ترجمته لكتاب الزهراوي، أن يرسم آلات الجراحة، ولقد طبعت هذه الترجمة مرات عدة، وكان لها أثر كبير في أوروبا حتى القرن الثامن عشر. ونرى في هذه الصورة آلات جراحية.

بواسطة مركبات مماثلة تملك الخصائص المطهرة المتنوعة. كما استعملت كعقاقير الأعشاب العطرية العديدة كالبخور، والصبر، والسنا، أو النباتات العائدة لفصيلة الغار. وكان لبعض العقاقير أيضاً خصائص مطهرة: فقد أوصي باستخدام نسب عالية من أملاح الرصاص أو النحاس، وحجر الشب، والزئبق أو البورق، والممزوجة بالزيوت الصمغية والخل لصنع اللزقات والمراهم(٥١). ولا شك أنه يصعب تقدير فعالية هذه المستحضرات ضد مصادر العدوى المتعددة.

وعرفت بعض العقاقير، وبخاصة الأفيون، بقدرتها على التنويم والتخدير، وقد قدم بعض المؤرخين المحدثين للطب(٥٢) فرضية تقول بأن مثل هذه المستحضرات كانت تستعمل لإفقاد المريض وعيه بشكل تام قبل إجراء العملية. غير أنه ينقصنا المرجع الدقيق لمثل هذه الممارسة في نصوص الأدب الطبي العربي قبل القرن العاشر للهجرة/ السادس عشر للميلاد، بينما يبدو واضحاً للعيان، انطلاقاً من بعض الكتابات الفارسية الصفوية أن مركبات ربما كانت قد استخدمت لإحداث تخدير شبيه بحالة اللاوعي. وفي كل الحالات، وفيما يخص جميع العمليات الجراحية التي سنذكرها هنا، والموجودة في النصوص العربية الأولية، فإننا لا نجد أي ذكر لاستعمال المبنجات، ولا حتى لتجريع النبيذ، فمن الطبيعي أن يكون هذا الأمر محظوراً في وسط إسلامي.

كانت الجراحة تميل نحو الحفاظ على الأعضاء، وكان الكي مفضلاً على استعمال المبضع، الذي كان يلجأ إليه فقط بعد فشل العلاجات السابقة؛ فنادراً ما كانت تجري محاولة لإجراء جراحة كبيرة. كما أنه لم تتم ممارسة الجراحة البطنية باستثناء حالتين ممكنتين لا بد من الإشارة إليهما باختصار، بالإضافة إلى العملية القيصرية، والحَبَن (وهو تجمع سائل مصلي في البطن) وفتق السرة.

بإمكان العديد من الرسوم الواردة في المخطوطات العربية عن الولادات القيصرية ان توهم المطلعين بأن الجراحين العرب قد مارسوا مثل هذه العمليات. وفي الواقع، لم تجرَ أية عملية قيصرية على امرأة حية لإنجاب جنينها، لأن عملية كهذه كانت تودي بالأم إلى الموت المحتم. كذلك ليس هناك من إشارة في الأدب الطبي إلى محاولة إجراء عملية بعد موت الأم

---

(٥١) حول هذه الميزات المطهرة، انظر: Guido Majno, *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1973), pp. 186 - 188, 217 - 221 and 369, and John M. Riddle, *Dioscorides on Pharmacy and Medicine,* History of Science Series; 3 (Austin, Tex.: University of Texas Press, 1985), pp. 48 - 49, 79, 145 and 152.

(٥٢) Elgood, *Safavid Medical Practice; or, the Practice of Medicine, Surgery and Gynaecology in Persia between 1500 A.D. and 1750 A.D.*, pp. 166 - 169.

لإنقاذ الجنين. فالمحاولات لإنقاذ الجنين بعد موت أمه كانت مدانة من قبل الفقهاء والمتشددين المسلمين.

أما رسم ولادة يوليوس قيصر فقد جاء في نسخة منقولة سنة ٧٠٧هـ/ ١٣٠٧م عن مقالة البيروني، وقد أعيد رسمها بكثرة(٥٣). وعلى هذه المنمنمة كتب بالعربية ما معناه أن علة عمل كهذا أن أمه كانت قد ماتت أثناء عملها وهي حامل به؛ وهكذا شقوا بطنها فأخرج منه قيصر. وكذلك وجدت رسوم لولادة البطل الأسطوري الفارسي رستم في مخطوطات القصيدة الشعبية الفارسية **شاهنامه (كتاب الملوك)** التي كتبها الفردوسي في أواخر القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، ومن خلال هذه القصيدة نتبين أن الأم قد أعطيت نبيذاً ثم أخضعت لعملية جراحية ناجحة تماثلت بعدها كلياً للشفاء. غير أن المقصود وببساطة هو مثال آخر لأسطورة ادعت ولادة عجائبية لبطل، الأمر الذي يجعل هذا النوع من الولادات سمة مشتركة للرجال العظام في العصور القديمة. فلو نجح هذا النوع من الجراحة ولو في عملية واحدة لكان قد ورد ذكره في حيز ما في الأدب الطبي اللاحق. وحسب القانون الروماني، لم يكن مسموحاً إجراء عملية جراحية مماثلة إلا على المرأة الميتة، وبهدف إنقاذ جنينها، أو لدفنه منفرداً في حالة وفاته.

ويظهر الواقع أن فقهاء مسلمين قد حظروا ممارسة العملية القيصرية بعد موت الأم، وهذا يعني أن حالات كهذه كانت قد واجهت الأطباء وتم إجراء عمليات لها على الرغم من أنه لم تذكر في النصوص الطبية.

يعالج الحبن بالكي أو بفتح شق في جدار البطن، ومن ثم بإدخال أنبوبة لتفريغ السائل تبعاً لطريقة معروفة منذ العصور القديمة. ولم يستسغ المجوسي هذا العلاج بالبزْل وقد روى أنه لم ير مثل هذا النوع من العلاج إلا مرة واحدة قضى إثرها المريض. وينبه ابن سينا والزهراوي إلى أن علاج الحبن بالشق يجب ألا يمارس إلا إذا كان المريض متمتعاً ببنية قوية وبعد إخفاق كل علاج آخر. ويصف الزهراوي أنبوبتين لتفريغ السائل، الأولى يكون طرفها مقطوعاً بشكل مائل، والثانية مستقيمة، وقد عرفتا من أسلافه.

ويقال إنه يجب علاج فتق السرة بواسطة الشق حول نقطة تمركزه وبربطه بخيط من الحرير. عند ذلك يفتح الجيب فوق الرباط؛ فإذا ما برزت الأمعاء يحل عندها الرباط ويدفع

---

(٥٣) مكتبة جامعة ادنبرغ، مخطوطة شرقية ١٠١، الورقة ١٦أ؛ هنالك نسخة منها كنموذج، في:
Elgood, Ibid., p. 225, and Ullmann, *Islamic Medicine*, plate 3 opposite p. 34.
وحول تاريخ العملية، انظر: Dyre Trolle, *The History of Caesarean Section*, Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 33 (Copenhagen: Reital Booksellers, 1982).

بالأمعاء إلى الداخل. لكن الورم يستأصل بعد إحكام شد الأوعية المربوطة أولاً. ثم يصار بعدها إلى إغلاق الشق بإبرتين مزودتين بخيطين. من المشكوك فيه أن تكون هذه الطريقة قد استعملت، إذ لم يذكر أي طبيب أنه شاهد أحداً يقوم بممارستها، كما لم يعمد أحد إلى تعديل كيفية إجرائها بأي شكل من الأشكال بالنسبة إلى ما تضمنته المؤلفات البيزنطية. وهكذا، ومن هذين النوعين من الجراحة البطنية، فإنه ربما جرى فقط استعمال علاج الحبن، لكن الأمر يتعلق بعملية يتم اللجوء إليها كحل أخير. أما العلاج الثاني لفتق السرة، فمن المحتمل أن أحداً لم يحاول ممارسته.

ووصفت المراجع عملية جراحية أخرى تشتمل على مخاطر كبيرة، هي عملية خزع الرغامى (القصبة الهوائية). فقد عرف الأطباء اليونانيون أنواعها إبان الحالات الطارئة التي تكون فيها الحياة معرضة للخطر، مع أنه بعامة، لم يكن مرغوباً في إجرائها، وبالتالي فمن البديهي أن تكون ممارستها نادرة. وقد أعطى الرازي وصفاً حسناً لهذه الطريقة تبعاً للتقرير الذي أعطاه سابقاً أنتيلّوس (ت حوالى ١٩٠م)، واصفاً شق الجلد، ثم فصل الحوافي بكلابات، وأخيراً فتح الرغامى بين غضروفين. يؤكد الزهراوي أنه لم ير أية عملية من هذا النوع في زمانه. وبعد أن يكرر التفاصيل التي أوردها قبله الأطباء اليونانيون، يضيف الحالة السريرية التالية:

«والذي شاهدته بنفسي أن خادماً أخذت سكيناً فأرسلته على حلقها فقطعت به بعض قصبة الرئة فدعيت إلى علاجها فوجدتها تخور كما يخور المذبوح فكشفت عن الجرح فوجدت الدم الذي خرج من الجرح يسيراً فأيقنت أنها لم تقطع عرقاً ولا ودجاً والريح تخرج من الجرح فبدرت فخطت الجرح وعالجته حتى برىء، ولم يعرض للخادم شيء إلا بحح في الصوت لا مزيد، وعادت بعد أيام إلى أفضل أحوالها، فمن هنا نقول إن شق الحنجرة لا خطر فيه»[٥٤].

كما كان هناك عمل جراحي آخر هو البتر الذي أصبح موضوعاً لكل الكتب المتعلقة بالجراحة. وكان سبب اللجوء إليه في الغالب هو الغنغرينة (الآكلة)، وفي بعض الحالات كان يمارس إثر كسور متعددة، وكان هذا البتر محصوراً فقط في المفاصل السفلى.

لقد حذر الزهراوي من ممارسة البتر عندما تمتد الغنغرينة إلى ما فوق الركبة أو إلى ما بعد الكوع لأن إجراء عمليات من هذا النوع لا يمكن أن ينجح في ذلك العصر... فكان العضو المراد بتره يُربط في موضعين أي تحت وفوق مكان البتر، كما كان يكوى هذا العضو

---

(٥٤) انظر: Albucasis, *On Surgery and Instruments: A Definitive Edition of the Arabic Text with English Translation and Commentary*, pp. 338 - 339;

الترجمة مأخوذة من تلك العائدة لسبنك (Spink) ولويس (Lewis) مع حذف قليل.

بعد بتره، وفي بعض الأحيان كان يتم ذلك خلال العملية، بالإضافة إلى ذلك كانت تستخدم مواد تزم الأنسجة الحية. ومن المفيد أن نشير إلى عدم الإتيان على ذكر المنومات أو المخدرات فيما يتعلق بهذا البتر في الكتب الجراحية، ولكن هناك ارتباط بين هذه المهدئات ومثل هذا العلاج في المفهوم الشعبي، كما تشهد على ذلك النصوص التي أوردناها سابقاً حول بتر ساق عروة بن الزبير خلال حكم الخليفة الأموي الوليد الأول (ابن عبد الملك).

كما جرت عمليات شق في المنطقة العجانية (نسبة إلى العجان، وهي المنطقة الموجودة بين عضو التناسل والشرج) لاستئصال الحصى من عنق المبولة. أما في حالة حصاة محصورة في الإحليل (المجرى البولي)، فقد أعد الزهراوي تقنية تتمثل بإدخال فتيل دقيق في القناة البولية. كما جرت عمليات شق في الحالب لمعالجة الفتوق الحالبية، لكن الزهراوي حذر من هذه الطريقة الخطرة. وكان الخصي محرماً عند رجال الدين المتشددين، ولكن شرحاً مفصلاً مرتكزاً على المصادر اليونانية كان مودعاً في بطون الكتب. وبحسب الزهراوي، كان لزاماً على الطبيب أن يكون ملماً بهذه المسألة، فلربما استدعي لمعالجة مريض مخصي، أو لإجراء عملية خصي لحيوان ما. بينما لا يشير ابن القف إلى حاجة الأطباء إلى الإلمام بعملية خصي الحيوان، ولكنه يبرر معرفة هذه الطريقة الممنوعة بسبب وجود عدد من الخصيان في البلاط. وفي الظاهر لم يمارس الخصي في الأراضي المسلمة، بسبب ما ينطوي عليه من شدة خطر النزيف وإمكانية حدوث صدمة من جراء ذلك. لكن عدداً كبيراً من الخصيان العبيد كانوا قد استوردوا إلى هذه الأراضي من افريقيا جنوبي الصحراء الكبرى، ومن إسبانيا، وآسيا الوسطى، والهند، وحتى من الصين.

أما استئصال البواسير فلم يكن يستدعي حسب الطريقة القديمة أية شقوق كبيرة، لكنه كان يدخل ضمن إطار أعم هو علاج الأورام الذي يتطلب البتر والكي. فالأساس في الأدب الجراحي كان مخصصاً لعمليات استئصال الأورام من جميع أجزاء الجسم. ويبدو أن استعمال المبضع المخبأ، لفتح خراج، كان من استنباط الزهراوي، حيث يهدف من ذلك إلى عدم إخافة المريض. وتجدر الإشارة، فيما يتعلق بإزالة الورم، ودائماً حسب طريقة قديمة، إلى استئصال الأثداء الضخمة والمترهلة عند الرجال، وهذا الاستئصال ينطوي على شق نصف دائري لكلا الثديين ثم على تقطيع الأنسجة الدهنية، ويتم بعده لأم الجرح بالخياطة النهائية، وأخيراً توضع المواد التي تزم الأنسجة الحية.

لقد مورس استئصال اللوزتين في العصور القديمة، ويظهر الأدب الطبي العربي استمراراً في إجراء هذه العملية مقروناً بتطوير الأدوات الجراحية. فيوصي الزهراوي بتثبيت اللسان بواسطة المخفض وبإمساك اللوزة المتضخمة بملقط ثم بقطعها بواسطة آلة شبيهة بالمقصات مزودة بشفرات معترضة تستخدم على ما يبدو في آن معاً لقطع اللوزة ولمنع سقوطها في الحلق. كما يمكن استعمال آلة بشكل كلاب. بعد ذلك يجب على المريض أن يتغرغر بالماء والخل. وفي حالة النزيف يجب استعمال المواد التي تزم الأنسجة.

وقد وجدت ممارسات جراحية أخرى لا تشتمل على استعمال أدوات قاطعة. وعلى سبيل المثال، فإن فصولاً عدة من كتب الجراحة تعالج الكي وقلع الأسنان. ومن اللافت للنظر أن العناية بالأسنان لا تشكل ممارسة خاصة قائمة بذاتها، بل تبدو وكأنها جزء من أعمال الأطباء، وفي إضافة جديدة لمقالته كتب الزهراوي فصلاً مخصصاً لتركيب الشرائط وتثبيت الأسنان فيما بينها. فقد وصف كيفية ربط الأسنان الساقطة أو الاصطناعية المأخوذة من عظام البقريات بالأسنان السليمة بواسطة خيوط من الذهب أو الفضة. وتقنية من هذا النوع لم يسبق أن عرف لها مثيل في العصور القديمة.


ان يخرج هذا الدبر وهذه صورة الة تجذب بها العلقة من الحلق اذا وقع
عليها البصر وهي تشبه الكلاليب وطرفها يشبه فم الطاير فيها خشونة
المبرد اذا امسكت بشيء لم تتركه واله اخرى تكبس بها اللسان وهي حلقة واسعة
من حديد بقدر ما يسع الفم فوق اللسان تدخل في الفم وايمة على جانبها فيبقى
الفم مفتوحا بغير ارادة العليل لا يستطيع ان يطلقه البتة حتى ينحيها

الاربعون في جمل من الكلام في بط الاورام وشقها
الاورام كثيرة على حسب ما ياتي ذكرها واحدا واحدا في هذا الكتاب وهي
مختلفة في بطها وشقها من وجهين احدهما من نوع الورم في نفسه وما
يحوي من الرطوبات والنوع الثاني في المواضع التي تحدث فيها من البدن
لان الورم الحادث في الراس غير الورم الحادث في المقعدة والورم الحادث

في موضع

الصورة رقم (٢٧ ـ ٤)

الزهراوي، كتاب الجراحة (هولندا، مخطوطة ليدن، ٢٥٤٠).

نرى في هذه الصورة مجادر أي آلات تجرد بها الأسنان والأضراس.

وقد وصفت النصوص الجراحية ختانة الصِبية التي كانت تمارس غالباً من قبل الحلاقين أو الحجامين أكثر مما كانت تمارس من قبل الأطباء، وعادة ما كانت مصحوبة بشعائر وطقوس متعددة ومتنوعة. كما أن ختانة النساء كانت مطبقة في بعض البلدان الإسلامية، ولا سيما في مصر؛ بواسطة القابلات. وعلى الرغم من ممارسة هذه الختانة النسائية من دون احتفالات كبيرة، فإنها كانت تمثل فقط «طقساً عابراً» كما كانت الحال في ختانة الذكور ولم تشكّل بأي شكل من الأشكال محاولة لمعالجة تشوه في الأعضاء التناسلية. وقد اهتم الأدب الجراحي إلى حد ما بمعالجة نمو البظر الزائد؛ وهذا يعود إلى الكتابات اليونانية الأولى بشكل مباشر، ولكنه لا يعكس ممارسات ذلك العصر.

شكل علاج الجروح وتجبير العظام الهم الرئيس لجميع المقالات الطبية. وقد كانت طرق لأم الجراح البطنية المتعددة موضوع وصف دقيق. فقد أشارت النصوص العربية بالدرجة الأولى إلى استعمال معي الحيوان لخياطة حافتي الجرح، كما ذكرت بالإضافة إلى ذلك المواد المستعملة قديماً كالصوف والكتان والحرير. وكانت تستعمل طاولات للتجبير وسحب الأعضاء وعلاج التواء المفاصل والكسور. فكان العضو المجروح يضمد ويوضع الجبار تبعاً للطرق اليونانية والرومانية المعروفة. ومن بين طرق التجبير الأخرى كان تجبير الأنف المكسور ومعالجة كسر الجمجمة بواسطة طريقة الحج وهي عملية تقوم على ثقب العظام، وكان يجري تنفيذها بواسطة مثقاب غير خارق مزود بعنق يشكل نتوءاً، وقد صمم لمنع سقوطه في السحايا.

ويحتل علم أمراض النساء دائماً فصلاً خاصاً في النصوص الجراحية، على الرغم من أن هذه المقالات قد كتبها رجال، وأنه من غير المحتمل قيامهم بعمليات لنساء في مجتمع إسلامي. وقد كتب الزهراوي بخصوص عملية استئصال الحصى من مبولة امرأة:

«فإنه يعسر علاجها ويمتنع لوجوه كثيرة أحدها أن المرأة ربما كانت بكراً، والثانية أنك لا تجد امرأة تبيح نفسها للطبيب إذا كانت عفيفة أو من ذوات المحارم، والثالثة أنك لا تجد امرأة تحسن هذه الصناعة ولا سيما العمل باليد. . . فإن دعت الضرورة إلى ذلك فينبغي أن تتخذ امرأة طبيبة محسنة، وقليلاً ما توجد، فإن عدمتها فاطلب طبيباً عفيفاً رفيقاً أو تحضر امرأة قابلة محسنة في أمر النساء أو امرأة تشير في هذه الصناعة بعض الإشارة فتحضرها وتأمرها أن تصنع جميع ما تأمرها به. . .»[٥٥].

يدين علم أمراض النساء في جزء كبير منه للمصادر اليونانية، لكنه يحوي مساهمات واكتشافات مهمة. وغالباً ما يبدأ الفصل المخصص لهذا العلم بإرشادات عامة في المعلومات الضرورية التي يجب تلقينها للقابلات من أجل إجراء ولادات غير اعتيادية. كما أن هناك دائماً اهتماماً باستخراج الجنين الميت والعمل على إتمام الولادة. وأدخلت تغييرات في أنماط

(٥٥) المصدر نفسه، ص ٤٢٠ ـ ٤٢١.

المنظار الطبي المهبلي وموسعات الرحم، كما وصف الزهراوي ملاقط الجنين، ولكنها لم تستعمل أبداً لاستخراج أطفال أحياء.

ويظهر الأطباء العرب على امتداد كتاباتهم الجراحية نفوراً مفهوماً من الناحية الإنسانية، حيال ممارسة العمليات الأشد خطراً أو ألماً. إن الجراحين كانوا يدركون الأخطار التي يسببونها لمرضاهم، وهذا ما تظهره الرواية التالية بالنسبة إلى الرازي ذي الخبرة الواسعة، إذ رفض الخضوع لعملية جراحية. فقد درس بما يكفي لكي لا يسمح بإجرائها. وتقول الرواية وفقاً للبيروني(٥٦):

«وكان ذلك مما يقدح في بصره مع ولوعه بالباقلي واستضراره به فاختتم أمره بالعمى ليكون ﴿في الآخرة أعمى﴾(٥٧) ونزل الماء في آخر عمره إلى عينيه. وقصده من طبرستان متنسب إلى تلمذته ليعالجه فسأله عن كيفية مداواته إياه فقص القصة وقال أبو بكر: «أشهد أنك أوحد القداحين وأعلم الكحالين ولكنك تعلم أن هذا الأمر لا يخلو من آلام تعافها النفس ومشاق طويلة المدة يملها الإنس ولعل العمر قد قصر والأجل قد قرب فقبيح بمثلي أن يؤثر في صبابته الآلام والمتاعب على الراحة. فانصرفْ مشكوراً على ما نويته وسعيت فيه» وأجزل جائزته. ثم لم يطل أيامه بعده وتوفي بالري لخمس مضت من شعبان سنة ٣١٣ وقد استوفى من السنين القمرية اثنتين وستين سنة وخمسة أيام ويكون بالشمسية ستين سنة وشهرين ويوماً»(٥٨).

طب العيون

يشكل طب العيون، مع علم العقاقير، المادة الوحيدة التي نستطيع تسميتها بحق اختصاصاً، وفي هذا المجال كان هناك أدب متخصص وواسع للغاية. فقد أظهر الأطباء العرب جهداً وعناية خاصين في تشخيص وعلاج أمراض العين، ولربما كان العمى السبب الأول للإعاقة في ذلك العصر. وقد خصصت جميع المؤلفات تقريباً، فصولاً لأمراض

---

(٥٦) أبو الريحان محمد بن أحمد البيروني، **رسالة البيروني في فهرست كتب محمد بن زكرياء الرازي**، اعتنى بنشرها وتصحيحها بول كراوس (باريس: مطبعة القلم، ١٩٣٦)، ص ٥ ـ ٦.

(٥٧) **القرآن الكريم**، «سورة الإسراء،» الآية ٧٢.

(٥٨) ببليوغرافيا إضافية: للمآثر النوعية، انظر: Albucasis, Ibid., and Paulus Aegineta, *The Seven Books of Paulus Aegineta,* translated from greek with a commentary embracing a complete view of the knowledge possessed by the greeks, romans and arabians on all subjects connected with medicine and surgery by Francis Adams, 3 vols. (London: Sydenham Society, 1844 - 1847).

حول الخصي والختانة، انظر: Ch. Pellat, A. K. S. Lambton et C. Orhonlu, «Khāṣī,» vol. 4, pp. 1118 - 1124; A. J. Wensinck, «Khitān,» vol. 5, pp. 20 - 23, et «Khafḍ,» vol. 4, pp. 946 - 947, = dans: *Encyclopédie de l'Islam.*

العين، لكن المعلومات الكاملة والوافية حول طب العيون تظهر في المقالات الأحادية الموضوع التي تعالج هذا النوع من الطبابة. فقد كتب حنين بن اسحق في القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد، كما فعل أستاذه ابن ماسويه، مقالات في أمراض العين وبخاصة **كتاب العشر مقالات في العين**.

وعلى الرغم من أن هذا الكتاب قد ارتكز في جزء كبير منه على المصادر اليونانية، إلا أنه أغنى الأدب الطبي بإسهامات كبيرة مقارنةً بالمؤلفات البيزنطية الموجودة آنذاك، وقد كان تأثيره هاماً للغاية. ومن بين كل المؤلفات في طب العيون، كان مؤلف علي بن عيسى يعتبر أحد أهم المراجع المتداولة. وعليٌ هذا هو طبيب من بغداد (ت ٤٠٠هـ/ ١٠١٠م) ويحوي كتابه ١٣٠ مرضاً بصرياً. وكان من معاصريه عمار بن علي ذو الأصل العراقي والذي هاجر إلى مصر، حيث أهدى مؤلفه الوحيد في أمراض العين، إلى الخليفة الفاطمي الحاكم، الذي حكم من ٣٨٦هـ/ ٩٦٦م إلى ٤١١هـ/ ١٠٢٠م. وحوى هذا المؤلف الأخير ٤٨ مرضاً، لكنه اشتمل على بعض الحالات السريرية ذات الأهمية البالغة وهو مزين بنماذج من صور الآلات الجراحية. يبدأ عمار مقالته هذه بشرح مفيد للغاية حول أطباء العيون في عصره[(٥٩)].

«لما رأيت جماعة من أهل صناعة الطب في البيمارستانات كحالين وغيرهم ممن لا يقرأ ولا يكتب ومنهم مجرب[(٦٠)] يقول ذوا ورثته عن أبي يراه في النوم فإن سأله سايل عن علم الغير لم يفهموا المسئله ولم يعرفوا الجواب لقلة فهمهم وزيغ قلوبهم وقصورهم عن طلب

= انظر أيضاً: Elgood, *Safavid Medical Practice: or, the Practice of Medicine, Surgery and Gynaecology in Persia between 1500 A.D. and 1750 A.D.*, pp. 121 - 184; P. Huard et M. D. Grmek, *Le Premier manuscrit chirurgical turc rédigé par Charaf ed-Din (1465)* (Paris: Roger Dacosta, 1960); O. Spies and Hans - Jürgen Thies, «Die Propädeutik der Arabischen Chirurgie nach Ibn al-Quff,» *Sudhoffs Archiv*, Bd. 55 (1971), pp. 372 - 391, and Sami Khalaf Hamarneh, «Excavated Surgical Instruments from Old Cairo, Egypt,» *Annali dell' Istituto e Museo di Storia della Scienze di Firenze*, vol. 2, no. 1 (1977), pp. 3 - 13.

وحول العمليات القيصرية، انظر بخاصة: Elgood, Ibid., pp. 264 - 266, and Trolle, *The History of Caesarean Section*.

(٥٩) القاهرة، دار الكتب، مخطوطة طب تيمور ١٠٠، ص ٢٤٤؛ سان بطرسبرغ، مؤسسة Naradov Azii، مخطوطة C ٨٧٥، الورقة ١٩٦ ب، واسكوريال، المخطوطة العربية، ٨٩٤، الورقة ٩٢ب. لقد اتبعنا بعامة نص مخطوطة القاهرة، مع إضافة جملة من نسخ سان بطرسبرغ واسكوريال. قارن مع: Max Meyerhof, *Las Operaciones de Catarata de 'Ammār Ibn 'Alī al-Mauṣilī, Oculista de el - Cairo* (Barcelona: Laboratorios del Norte de España, 1937), pp. 38 - 39.

(٦٠) عند قراءة «مجرَب»؛ مع أن «مجرِب» هي ممكنة أيضاً وفي هذه الحالة تعني رجلاً مشعوذاً، وهذه مقاربة للطب مناقضة تماماً للمفهوم الطبي عند أتباع جالينوس.

العلم ولا يعرفون الأشيا غير أنهم يجربون على عيون الناس ويداوون المرض الذي يحتاج إلى المردعات بالمحللات والذي يحتاج إلى المحللات بالأشياء المردعات فهم أبداً خاطئون ولائيون المعني لأنفسهم إلى أحد من أهل العلم زهواً وعجباً فهم أبداً ضالون فأحببت أن أتوب إلى الله تعالى طالباً لثوابه وجزيل عطايه بتصنيف مجموع مما علمته وعملت به من علم العين وصناعاتها وطبقاتها ورطوباتها وعضلها ومسايلها وأجوبتها وجميع أمراضها ومداواتها ما كان منها بالدوا وما كان بالحديد لأن قدرتي على الحديد وعلى العمل ما يعجز عنه سواي من أهل هذه الصنعة والذين شاهدتهم».

ثم يعرض عمار في بحثه لعلاج الساد (أو القدح وهو تكثف في عدسة العين يمنع الإبصار (المترجم))، أربع حالات سريرية مفصلة كما يصف ابرة من صنعه الخاص. وقد كانت هناك تقنية قديمة معروفة بـ «الإزالة» كانت شائعة الاستعمال آنذاك لعلاج الساد. ومن المحتمل أن تكون هذه التقنية قد انتقلت من الهند والعالم الهلينستي ومنه إلى البلدان العربية، وهي تتمثل بدفع عدسة العين (الجليدية) بواسطة إدخال إبرة أو مسبار في العين من خلال حافة القرنية. أما فشل هذه العملية فيعود إلى سببين رئيسين هما العدوى وزرق العين. فإذا اعتبرنا أن عدم معالجة الساد يؤدي حتماً إلى العمى وأن نسبة نجاح عملية الإزالة هذه هي تقريباً أربعون بالمئة[٦١]، لأدركنا بوضوح سبب القبول بإجرائها إلى هذا الحد.

وقد أعد عمار لعملية الساد إبرة معدنية مجوفة ومستدقة الرأس في أحد طرفيها لاستئصال الجليدية بواسطة المص. وقد نوه أطباء العيون المتأخرون بهذه الإبرة المجوفة، كما ذكر المؤرخ وطبيب العيون ابن أبي أصيبعة أن طريقة الاستئصال بالمص هذه قد مورست في مستشفى النوري في دمشق حوالى ٦٢٧هـ/ ١٢٣٠م؛ ولكن طبيب العيون المصري صدقة بن إبراهيم الشاذلي وفي أواسط القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد ذكر أنه لم تتوفر له الفرصة لرؤية طريقة الاستئصال هذه.

ويبدو جلياً أنه كان في بعض الأماكن أناس اقتصر عملهم على استئصال الجليدية، وربما كان هؤلاء جوالين ولا يحسنون العمل في ميادين أخرى من الطب. فالطبيب قطب الدين الشيرازي، مثلاً، يقول في شرحه لكتاب **القانون** لابن سينا والذي كتبه في شيراز سنة ٦٨٢هـ/ ١٢٨٣م: «ومارست كل ما يتعلق بالطب والكحل من أعمال اليد: كالفصد والشل والتسمير، والتقليب ولقط الظفرة والسبل إلى غير ذلك، إلا القدح، فإنه لا يحسن

(٦١) Majno, *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World,* p. 531, note (235), and A. Feigenbaum, «Early History of Cataract and the Ancient Operation for Cataract,» *American Journal of Ophthalmology,* 3rd series, vol. 49 (1960), pp. 319 - 323.

مني»[٦٢].

وتبرز كفاءة مدهشة، تشخيصية وجراحية في آن معاً، في علاج التراخوما (أو الحثار وهو رمد حُبيبي (المترجم)) وهذا المرض هو السبب الرئيس المؤدي إلى العمى وإلى حدوث مضاعفات ثلاثة: التريخيزيا، والشتر الداخلي والسبل (Pannus) (وهذا الأخير هو تكون الأوعية الشعرية والمصحوب بترسب النسيج الضام تحت الظهارة القرنية (المترجم)). وقد جرت معالجة الحثار نفسه بقلب الجفن بطناً لظهر وحكه بواسطة مواد كاشطة منتقاة. أما استعمال الطرق الجراحية المكملة فكان الهدف منه هو التغلب على التريخيزيا والأشتار الداخلية، أي التخلص من العدد المفرط من الأهداب النابتة داخل الجفون أو من التفاف هذه الأخيرة.

ولم يكن السبل الحثاري وإفراطه في تكون الأوعية التي تكتسح القرنية معروفاً في الظاهر من الأطباء اليونانيين، لكن الأطباء العرب الأوائل عرفوه جيداً كنتيجة للحثار، ووصفوه وعالجوه بقطع الملتحمة وما تحتها حول القرنية. كانت هذه العملية الأخيرة ممكنة بفضل آلة جراحية تسمح بتغطية العين أثناء إجرائها؛ وقد استعمل أيضاً في هذه العملية عدد كبير من الكلابات الصغيرة إلى جانب مشرط دقيق جداً، وإبرة معدة للاستئصال بالإضافة إلى المقصات.

أما الظفرة، وهي توسع مثلث الشكل ينمو على الملتحمة القرنية، وتكون عادة قرب المأق الداخلي، فقد وصفها الأطباء اليونانيون والعرب وعالجوها بالجراحة وبالآلات نفسها التي عولج بها السبل. إن هاتين العمليتين الجراحيتين معقدتان ودقيقتان وتسببان أوجاعاً شديدة للمريض؛ ويبدو أنهما لا تمارسان إلا استثنائياً وليس بشكل روتيني مألوف.

لقد استعمل علي بن عيسى، في وصفه لجراحة التريخيزيا، والسبل، والظفرة، كلمة «تنويم» التي كانت سبباً للجدل بين البحاثة لمعرفة مدلولها، فهل عني بها تمديد المريض ببساطة أم جعله يغفو؟[٦٣] ومهما يكن معناها، فمن المفيد أن نشير إلى أنه لم يكن يعطى فعلاً أي عقار خاص. كما تجب الملاحظة أن المؤلفين المتأخرين لم يستعملوا أبداً هذا التعبير

(٦٢) Iskandar, *A Catalogue of Arabic Manuscripts on Medicine and Science in the Wellcome Historical Medical Library*, p. 43,

حيث توجد الترجمة مأخوذة من اسكندر مع بعض الحذف.

(٦٣) A. Feigenbaum, «Did 'Alī Ibn 'Isā Use General Anaesthesia in Eye Operations?» *British Journal of Ophthalmology*, vol. 44 (1960), pp. 684 - 688; Max Meyerhof, «The History of Trachoma Treatment in Antiquity and during the Arabic Middle Ages,» *Bulletin de la société d'ophtalmologie d'Egypte*, vol. 29 (1936), pp. 55 and 63, reprinted in: Max Meyerhof, *Studies in Medieval Arabic Medicine Theory and Practice*, edited by Penelope Johnstone (London: Variorum Reprints, 1984); Casey Albert Wood, *Memorandum Book of a Tenth Century Oculist* =

في مواضيع مشابهة واختفى من مناقشاتهم، إما لأنهم لم يفهموا هذه الكلمة، أو لأنهم اعتبروها ضئيلة الأهمية(٦٤).

التشريح

لم يكن تشريح الجسم البشري يشكل موضوعاً للبحث في المجتمع الإسلامي آنذاك كما هو الحال في العالم المسيحي في ذلك العصر أيضاً؛ ويعود سبب ذلك إلى عادات ومحرمات ثقافية عامة أكثر مما يعود إلى طقوس دينية بنوع خاص. ونتيجة لذلك يجب ألا نأمل باكتشافات تشريحية أساسية؛ وفعلاً، لم يكن هناك إطلاقاً أيّ من هذه الاكتشافات. ومع ذلك فقد قدم الأطباء العرب إسهامين بارزين في تاريخ التشريح البشري.

يتمثل الإسهام الأول الأكثر أهمية في تحديد الدورة الدموية الصغرى أو الرئوية، التي وصفها ابن النفيس؛ وفعلاً فقد استعمل البرهنة الاستدلالية ليبين بأية طريقة تتم هذه الدورة، مستنداً إلى ما أثبته جالينوس، الذي دعم الرأي القائل بوجوب وجود مسلك قائم بين بطيني القلب، علماً أن هذا المسلك لم يكن مرئياً. وانطلاقاً من تحليله لهذا الواقع فقد اعتبر ابن النفيس أنه من المستطاع إيجاد هذا المسلك القائم بين البطينين، ونتيجة لذلك فقد اعتقد أنه لا بد لدم البطين الأيمن من الوصول إلى البطين الأيسر بواسطة طرق أخرى، وتحديداً عن طريق الرئتين. وقد أعطى ابن النفيس هذه النتيجة الدالة على بصيرة ثاقبة في شرحه لتشريح كتاب **القانون**. ولكن هذا العمل الفريد لم يلاق في الوسط الطبي الانتشار نفسه الذي لاقاه شرحه لمجمل كتاب **القانون**، أو الذي لاقاه أيضاً موجز هذا الكتاب؛

= *for the Use of Modern Ophthalmologists,* a translation of the Tadhkirat of Ali Ibn Isa of Baghdad (Evanston, Ill.: Northwestern University Press, 1936), pp. xx - xxii, 97, 138 - 139 and 146, and Elgood, *Safavid Medical Practice; or, the Practice of Medicine, Surgery and Gynaecology in Persia between 1500 A.D. and 1750 A.D.,* pp. 167 - 168.

(٦٤) بيليوغرافيا إضافية، انظر: Ullmann, *Die Medizin im Islam,* pp. 204 - 214.

لأدب أعم حول الموضوع، انظر بخاصة: Ḥunayn Ibn Isḥāq, *Kitāb al-'ashar maqālāt fī al-'ayn al-mansūb li-Ḥunayn Ibn Isḥāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809 - 877 A.D.);* Wood, Ibid; Meyerhof: «The History of Trachoma Treatment in Antiquity and during the Arabic Middle Ages,» pp. 25-87 and *Las Operaciones de Catarata de 'Ammār Ibn 'Alī al-Mauṣilī, Oculista de el-Cairo;* Savage-Smith, «Ibn al-Nafīs's *Perfected Book on Ophthalmology* and His Treatment of Trachoma and Its Sequelae,» pp.147-206; Fareed Haj, *Disability in Antiquity* (New York: Philosophical Library, 1970), and Feigenbaum: «Did 'Alī Ibn 'Isā Use General Anaesthesia in Eye Operations?» pp. 684-688, and «Early History of Cataract and the Ancient Operation for Cataract,» pp. 305-326.

فبقي حدسه المتعلق بوجود الدورة الدموية الرئوية منسياً على وجه التقريب في بطون الكتابات العربية؛ ويبدو أن كاتبين اثنين فقط كانا قد عرفا هذه النظرية إبان القرن الرابع عشر الميلادي[٦٥]. غير أنه من المحتمل أن تكون هذه النظرية قد أثرت في النظريات التشريحية الأوروبية.

أما الاكتشاف الثاني فقد جاء نتيجة ملاحظة تمت عن طريق المصادفة. فقد كتب البحاثة المتعدد الاهتمامات، عبد اللطيف البغدادي، الذي كان يعلم الطب في دمشق، وصفاً لبلاد مصر، ضمنه ملاحظاته الشخصية حول المجاعة فيها سنة ٥٩٧هـ/ ١٢٠٠م. وقد استطاع، خلال هذه الحقبة، أن يرى عدداً كبيراً من الهياكل العظمية أمنت له فرصة نادرة لكي يتفحصها؛ كما توصل لاستنتاج مفاده أن جالينوس كانت تنقصه الدقة في وصفه لتشكيل عظام الفك الأسفل والعجز، وقد بقيت هذه الملاحظة مكبوتة في الأدب اللاحق، والسبب في ذلك أنها كانت مكتوبة في كتاب وصفي في الجغرافيا.

ولم يقم الأطباء بإعادة النظر، انطلاقاً من الحالتين السالفتي الذكر، لا في المبادئ الأساسية لفكر جالينوس ولا في تطبيقاتها الشاملة، ولكنهم صححوا بعض أشكالها. لذلك بقيت المفاهيم التشريحية للأطباء العرب مرتبطة أساساً بمفاهيم جالينوس، وكذلك كان الأمر بالنسبة إلى الطبابة على الرغم من التجربة الكبيرة لهؤلاء الممارسين في علم الجراحة.

لقد امتدح عدد كبير من أئمة الشريعة الإسلامية دراسة علم التشريح واعتبروه طريقة تقود إلى إظهار تدبير الحكمة الإلهية. وقد نحا الفيلسوف والطبيب ابن رشد هذا المنحى عندما قال[٦٦]: «من اشتغل بعلم التشريح ازداد إيماناً بالله». وما قصده بتأكيده هذا، لم يكن التشريح المدقق لحيوان ما بهدف تحديد بنيته، بقدر ما كان توضيح أفكار جالينوس المتعلقة ببنية هذا الحيوان ووظيفته. وقد عرض جالينوس هذا الموضوع، ولا سيما في كتابه حول **فائدة الأجزاء** بطريقة لاهوتية بالدرجة الأولى مشدداً على التراكيب والوظائف بهدف ثابت ألا وهو إظهار تدبير الخالق. فوجدت هذه المقاربة للتشريح الوصفي قبولاً بين الفلاسفة ـ الأطباء المسلمين.

وبالمقابل، فإن أحد أطباء صلاح الدين وهو ابن جُمَيع الإسرائيلي في مقالة كتبها لهذا السلطان قد دعا وبحرارة الأطباء العرب الى المباشرة بإجراء الدروس التشريحية. وقد

---

(٦٥) Iskandar, *A Catalogue of Arabic Manuscripts on Medicine and Science in the Wellcome Historical Medical Library*, pp. 47 - 50.

(٦٦) انظر: ابن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، ج ٢، ص ٧٧، الأسطر ١٣ ـ ١٤.

شكت هذه المقالة من الوضع المتردي للطب في ذلك العصر واقترحت تدابير عملية لإصلاحه. كما حدد ابن جُميع المتطلبات التالية، من بين أخرى، التي يجب أن يتمتع بها كل طبيب صالح: «ويحتاج إلى إحصاء أعضاء بدن الإنسان عضواً عضواً والوقوف بالحس والمشاهدة على خواص جوهر كل واحد منها من اللون والقوام ونحوهما، وعلى خلقته أي شكله وملاسته أو خشونته وهل فيه تجويف أو مجرى، وعلى ماذا يحتوي ذلك التجويف أو المجرى، وعلى مقدار عظمه وعدد أجزائه وحال كل جزء منها إن كانت له أجزاء، وعلى وضعه أي موضعه من البدن وما بينه وبين غيره من الأعضاء الأخر من المشاركة والمواصلة، وعلى فعله ومنفعته أو منافعه التي لأجلها احتيج إليه. ومباشرة هذه الأشياء بالحس إنما تكون من جهة تشريح الأبدان البشرية. وتشريح هذه الأبدان ليس بالسهل الميسر في كل الأوقات (و) ليس يكفي في الوقوف على هذه الأمور إلا بحيث تتقدمه رياضة كثيرة في تشريح حيوانات أخر من الحيوانات الشبيهة في جل أعضائها بأعضاء الناس، مثل القرود، بين يدي المعلمين الحذاق فيه كما قد لخصه الفاضل جالينوس تلخيصاً شافياً»[٦٧].

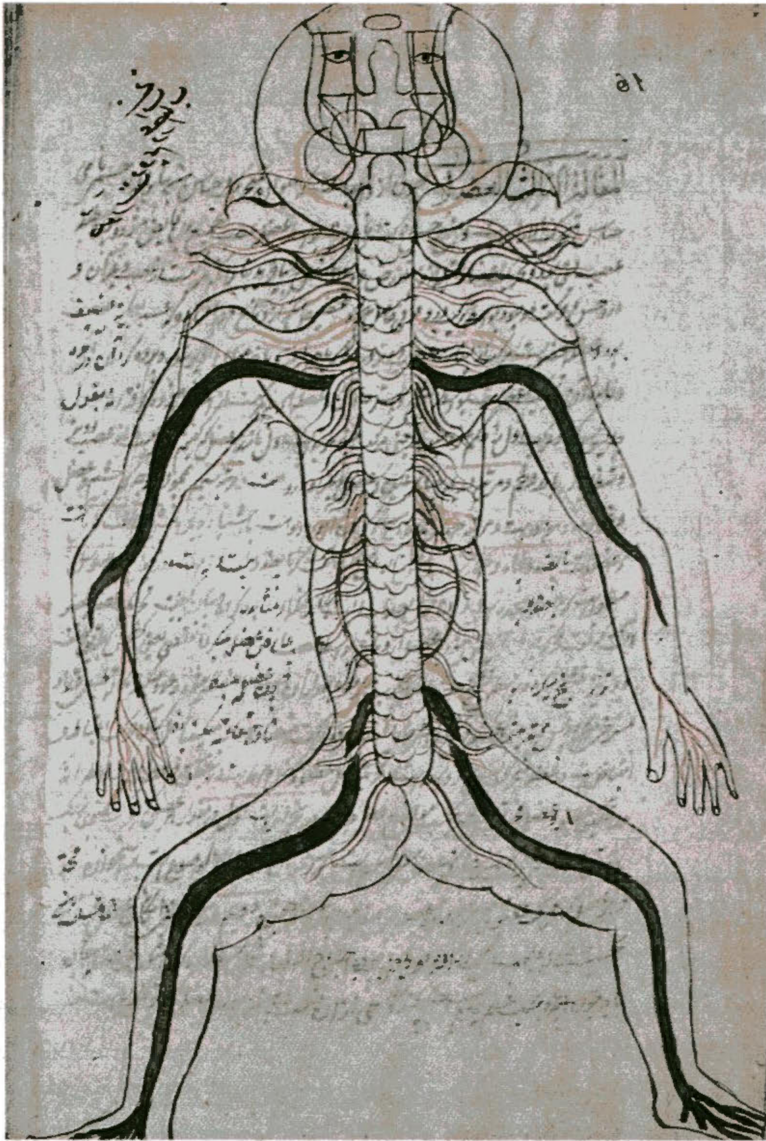
ومع أن هذا القول يظهر وكأنه دعوة صريحة للتشريح البشري بعد الموت، إلا أنه يبقى من الصعب الفصل في ما إذا كان يعكس بعض الممارسات في مصر في القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد أو إذا كان يمثل مجرد ترداد بسيط لعروض وتوصيات جالينوس.

تشتمل جميع المؤلفات الطبية على فصول تتعلق بالتشريح، كما أن مقالات أحادية الموضوع كانت مكرسة بكاملها لهذا التشريح. ولم تحو مقالات الطب العربية أي تصوير تشريحي باستثناء الرسوم المتعلقة بالعين وبلأم الجمجمة. غير أن هناك سلسلة رسوم تشريحية على صفحة كاملة مع تفسيرات بالفارسية والعربية، وهي تصور الأوردة، والشرايين، والأعصاب، والعظام، والعضلات إلى جانب رسم يمثل امرأة حاملاً. تبدو هذه الإيضاحات وكأنها تنتمي إلى مدارس التشريح اليونانية ـ الرومانية ولها علاقة وطيدة بالرسوم التشريحية اللاتينية التي ترجع إلى أوائل القرن الثاني عشر للميلاد. كما توجد نسخ عديدة لهذه الرسوم، جاء معظمها مقترناً بنص تشريحي كتبه بالفارسية سنة ٧٩٨هـ/ ١٣٩٦م المنصور بن محمد بن أحمد بن يوسف بن فقيه إلياس؛ وتجري حالياً دراسات وأبحاث حول

---

(٦٧) Ibn Jumay‘, *Treatise to Ṣalāḥ al-Dīn on the Revival of the Art of Medicine by Ibn Jumay‘*, edited and translated by Hartmut Fähndrich, Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes; XLVI, 3 (Wiesbaden: [n. pb.], 1983), p. 14, section 25,

الترجمة المعطاة من الكاتب الحالي والتي تختلف جزئياً عن تلك التي قام بها Fähndrich، في ص ١١.



الصورة رقم (٢٧ ـ ٥)

منصور بن محمد بن أحمد بن يوسف بن فقيه إلياس،

تشريح المنصوري (باريس، مخطوطة المكتبة الوطنية، ١٥١).

كتاب التشريح هذا متأخر نسبياً ـ القرن التاسع الهجري/ الخامس عشر الميلادي ـ ولقد حرره أحد أطباء شيراز وقصد به مرجعاً للتعليم، وقد نُسخ كثيراً فيما بعد. وتمثل هذه الصورة الجهاز العصبي.



الصورة رقم (٢٧ ـ ٦)
منصور بن محمد بن أحمد بن يوسف بن فقيه إلياس،
تشريح المنصوري (لندن، مخطوطة المتحف البريطاني، ٢٣٥٥٦).
تمثل هذه الصورة تكوّن الجنين.

نص ابن فقيه إلياس هذا وحول سلاسل الرسوم التشريحية المرفقة به(٦٨).

الطب الشعبي

تضاف إلى ممارسة الأطباء النطاسيين المحترفين، التي تقوم على نظرية طبية وعلى فلسفة تعودان إلى المؤلفين الهلينستيين والبيزنطيين، ممارسات قائمة على ما نسميه حالياً بالأساليب السحرية الشعبية بالإضافة إلى التنجيم. وهذا ما يعكس معتقدات وممارسات كانت موجودة قبل ظهور الإسلام في هذه المنطقة بوقت طويل.

كان التنجيم والسحر يجدان، في ذلك العصر، اهتماماً تاماً من جميع الطبقات الاجتماعية، إلا أن هذه الممارسات كانت أكثر شيوعاً لدى الطبقات الشعبية وفي الوسط الريفي. وعلى كل حال، كان من النادر أن نعثر على عناية طبية حقيقية خارج المراكز الكبرى في المدن. لذلك، كانت التعاويذ والرقيات تستخدم بشكل واضح للحماية من الأوبئة المجتاحة وغير المتوقعة وغير المفهومة.

ومن هذا المنطلق كان من المتوقع أن يحاول عدد كبير من الأفراد ـ وهو عدد أكبر من الذي ذكرته المصادر المكتوبة ـ أن يستميل إليه قوى الشر في هذا العالم العدائي وأن يحصل على بركة الله وحمايته. وهذا ما يمكن الحصول عليه بواسطة بعض الرقيات أو الصلوات التي يجب تلاوتها في أوقات محددة، أو بواسطة تعاويذ وطلاسم تحمل في طياتها كتابات خاصة تهدف إلى الحماية من قوى الشر وتهدئتها. وقد اعتبرت بعض السور القرآنية مفيدة للغاية في هذا المجال، كما جرى مزج مربعات سحرية بحروف أولى لبعض الكلمات وبأبجديات سحرية لتشكيل التعاويذ. وقد احتوت مقالات متداولة، وبخاصة فيما يتعلق بالطاعون، على مقاطع من صلوات الابتهال، وأخرى لإعداد وإنجاز التعاويذ. كما ألفت كتب عامة كثيرة تظهر كيفية صنع الرقيات وتحوي صلوات ونماذج من الطلاسم للوقاية من

---

(٦٨) بيليوغرافيا إضافية: حول ابن النفيس، انظر: Iskandar: Ibid., pp.40-51, and «Ibn al-Nafīs,» vol. 9, pp. 602 - 606; 'Abd al-Laṭīf al-Baghdādī, *The Eastern Key, Kitāb al-ifādah wa'l-i 'tibār of 'Abd al-Laṭif al-Baghdādī*, translated by Kamal Hafīth Zand, A. John and Ivy E. Videan (London: G. Allen and Unwin, 1965), pp. 272 - 277.

وحول البغدادي، انظر أيضاً: Ullmann, *Islamic Medicine*, pp. 68 - 69.

حول المثالات اللاتينية للأشكال التشريحية الفارسية، انظر: Ynez Violé O'Neill: «The Fünfbilderserie: A Bridge to the Unknown,» *Bulletin of the History of Medicine*, vol. 51 (1977), pp. 538 - 549, and «Tracing Islamic Influences in an Illustrated Anatomical Manual,» paper presented at: *Bulletin of Islamic Medicine, vol. 2: Proceedings of the Second International Conference on Islamic Medicine: No. III: Contribution of Moslem Scholars to Anatomy and Surgery and the Influence of Islamic Heritage on the Other Civilizations* (Kuwait: Islamic Medicine Organization and Kuwait Foundation for Advancement of Sciences, 1402/1982), and Roger K. French, «An Origin for the Bone Text of the *Five-Figure Series,*» *Sudhoffs Archiv*, Bd. 68 (1984), pp. 143 - 158.

جميع الأمراض ومن سوء الطالع وللمساعدة في عملية الوضع عند النساء.

وقد ساد اعتقاد دام قروناً عديدة يتعلق بالإصابة بالعين؛ أي أنه عندما يلقي فرد مجرد نظرة إلى فرد آخر، أو عندما يتلقى نظرة من هذا الأخير، يستطيع أحياناً وبطريقة لاشعورية، جذب قوى الشر. فيستحكم البلاء بالتالي بالذي تعرض لهذه النظرة، وبحسب هذا الاعتقاد تكون العين الشريرة سبب عدد من المصائب كالموت المفاجىء وحلول الأمراض الخبيثة. ونتيجة لذلك وضعت طرق متعددة للحماية من هذه العين في الكتابات التي تعود إلى القرون الوسطى.

كما أصبح اللجوء إلى العرافين، بالنسبة إلى الكثيرين بهدف الكشف عن المرض أو تشخيصه بديلاً عن استشارة الأطباء. وهكذا كانت تتم استشارة المنجمين والضاربين بالرمل المتجولين وغيرهم من العرافين لتحديد سبب المرض ومصدره وما إذا كان الشفاء سيتم قريباً أو سيأتي بعد آلام مبرحة، وما إذا كان هذا المرض سيؤدي بصاحبه إلى الموت. إن ما تضمنته هذه المقالات في التنجيم وفي ضرب الرمل وفي قراءة الكف يشكل إثباتاً جلياً بأن المشكلات الطبية كانت أحد الأسباب الرئيسة لحصول استشارة ما، كتحديد الحمل، وجنس الجنين، والتأكد من الولادة السهلة. إننا نميل في الوقت الحاضر للاعتقاد بأن مثل هذه المقاربة الطبية كانت منتشرة عند الفئات غير الميسورة، علماً أن الواقع يثبت وجود هؤلاء العرافين على تنوعهم في بلاط الحكام.

فعندما أصيب السلطان الناصر محمد بن قلاوون مثلاً، بإسهال شديد سنة ٧٤١هـ/ ١٣٤١م، استشار فضلاً عن أطبائه، المنجمين والضاربين في الرمل[٦٩].

وهناك دليل آخر يثبت أن هذه الإجراءات المتبعة في العلاج لم تكن فقط مقتصرة على الفقراء وحدهم، ألا وهو وجود الأقداح السحرية الشفائية إلى جانب «كؤوس السم» المزعومة التي كانت تخص السلاطين الأيوبيين والمماليك في القرنين السادس والسابع للهجرة/ الثاني عشر والثالث عشر للميلاد. فقد حوت بعض المتاحف والمجموعات الخاصة مثل هذه الأقداح والكؤوس التي صنعت كلها، وكما يظهر، في سوريا وكان معظمها مخصصاً فقط للحاكم. وقد نقشت على هذه الأقداح المعدنية رموز سحرية، وأشكال حيوانية، ودوائر، ومربعات سحرية، وآيات قرآنية. وكانت تستعمل وفق ما جاء عليها من نقش للشفاء من القولنج، والكلب، ولسع العقارب، ونزيف الأنف (الرعاف) وأوجاع المعدة، والصداع، وحتى من الحثار (الرمد الحبيبي)؛ كما كان بمقدورها بالإضافة إلى ذلك، المساعدة في عملية ولادة لطفل ما. أما «كؤوس السم» فكان عليها أن تحمي من جميع أنواع السموم. وكان على المريض أو وكيله أن يشرب من الكأس لكي يتعافى متبعاً، وفي بعض الأحيان، تعليمات خاصة، كشرب الماء الحار للقولنج، أو الماء الممزوج بالزعفران للحيلولة دون ولادة عسيرة. ومن الغريب، وكما يظهر، أن أدب ذلك العصر لم

---

(٦٩) Ullmann, Ibid., p. 112 and note (16).

يأت على ذكر أي استعمال من هذا النوع.

كان للزعماء الروحيين الشعبيين الصوفيين، وفي الغالب، عدد كبير من الأتباع المريدين المحليين، ويعود ذلك لمهارتهم في تأمين الشفاء بشكل خارق للطبيعة. ولإجراء علاج ما أو إقامة احتفال شعائري، كان درويش أو كهل مجرب يتلو بعض الصلوات أو آيات قرآنية، ويلجأ عند الحاجة إلى الرؤيا. لقد احتل الطب الروحاني الذي كان أحياناً مرتبطاً بالسحر، مكاناً بارزاً في الثقافة الصوفية أكثر مما هو عليه الحال في المجتمع السني.

وأخيراً فقد وجدت نساء مجربات في المجتمع، عرفن بمواهبهن الشفائية، وكن يستشرن في أمور الحمل وتوزيع الأعشاب والرقيات؛ كما كن يعالجن بعامة عدداً من الأمراض بواسطة الشعوذة، كاستعمال ثياب المريض مثلاً.

ولم تخل كتابات الأطباء النطاسيين من معتقدات في الشعوذة، وفي القدرات الخفية والتنجيم. فيذكر الرازي في **كتاب الحاوي** مثلاً أنه يجب أكل عقرب أو ديدان الأرض المسحوقة لإذابة الحصى في المبولة، وارتداء ثياب غير مغسولة أو تفوح منها رائحة العرق، شرط أن تكون قد ارتدتها امرأة أثناء العمل، وذلك لإزالة نوع من الحمى[٧٠]. كما كانت توصف علاجات عدة مرتبطة بالشعوذة لتخفيف آلام الوضع، كاستعمال مغناطيس مثلاً.

أما بالنسبة إلى العلاج المرتبط بالتنجيم؛ فقد دافع عنه العديد من الأطباء، ومن بينهم ابن رضوان والرازي: فمواقع النجوم والكواكب تستطيع أن تؤثر في انتشار الأمراض وأن تحدد الوقت الملائم للفصد ولغيره من العلاج، وأن تساعد على تشخيص مختلف الأمراض، وعلى التنبؤ بها. بينما كتب أطباء آخرون، كابن سينا، مقالات دحضوا فيها التنجيم. مع ذلك فإن هؤلاء الذين كانوا يؤمنون بالممارسات التنجيمية والسحرية قد انخرطوا جميعهم تقريباً في رؤية أساسية، يمكن اعتبارها كنظرة تنجيمية للعالم؛ وتبعاً لهذه الرؤية تنعكس أحداث العالم الأكبر كما يحدث في مرآة وتسمح بفهم عناصر العالم الأصغر. وقد تغلغلت رؤية الكون هذه في عالم الفكر بدرجات متفاوتة قبل ظهور الإسلام واستمرت بعده بقرون عديدة. وهكذا وجد نمطان من الطب احتل كل منهما، بدرجات متفاوتة، حيزاً في المجتمع. فمن جهة كانت هناك التفسيرات والعلاجات للأمراض وفق النمط الشعبي، ومن جهة أخرى كانت هناك المقاربة الأكثر علمية، ونستطيع القول، الأكثر عقلانية[٧١].

(٧٠) المصدر نفسه، ص ١٠٩.

(٧١) ببليوغرافيا إضافية: المصدر نفسه، ص ١٠٧ ـ ١١٦؛ Georges C. Anawati, «Trois talismans musulmans en arabe provenant du Mali (Marché de Mopti),» *Annales islamologiques*, vol. 11 (1972), pp. 287 - 339; Klein-Franke *Vorlesungen über die Medizin im Islam*, pp. 53 - 67; Dols, *The Black Death in the Middle East*, pp. 121 - 142; Penelope Johnstone, «Tradition in = Arabic Medicine,» *Palestine Exploration Quarterly*, vol. 107 (January - June 1975), pp. 23 - 37.

خلاصة

بعد عرض هذه الأمثلة عن الوجوه المتعددة للعناية الطبية في العالم الإسلامي في القرون الوسطى، هناك سؤال يطرح نفسه لمعرفة السبب الذي حال دون استمرار ومتابعة هذا الزخم وهذه الحيوية حتى عصرنا الحالي. إن الجواب عن ذلك معقد، لكننا نورد بعض الأسباب التي يمكن الإشارة إليها. فمع الانقسام التدريجي للعالم الإسلامي زال الوهج الذي تمتع به الأطباء، كما ضعف الأمان والحماية اللذان نعم بهما هؤلاء. وقد شكلت الحروب الصليبية بعد ضياع إسبانيا غزوات متكررة على المناطق الإسلامية الوسطى، كما جاءت غزوات المغول القادمين من الشرق في القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد لتمحو كل أثر للحياة. أما مماليك مصر فقد استطاعوا مقاومة المغول، ولهذا السبب بالتأكيد، بقي الجسم الطبي نشيطاً هناك لفترة أطول قياساً بكل المناطق الأخرى باستثناء بلاد فارس الصفوية.

ارتبطت المستشفيات بالهبات التي تقدمها الأوقاف الخيرية، ومع مرور الزمن أصبحت هذه الهبات غير كافية لصيانة المشافي، فشهدت من جراء ذلك انحطاطاً، حتى انها أصبحت مهملة ومهجورة باستثناء بعض منها، كمستشفى النوري في دمشق، الذي تابع عمله حتى نهاية القرن التاسع عشر. ومع اطراد النمو السكاني أصبحت المستشفيات والمستوصفات المتبقية غير قادرة على تلبية متطلبات الاستشفاء المختلفة.

وابتداءً من نهاية القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد أصبح ارتباط الطب والفلسفة، هذا الارتباط الموروث عن العالم الهلينستي، أمراً مضراً. فقد انزلقت المؤسسة الدينية والشرعية تدريجياً نحو موقع أكثر تزمتاً، بحيث أصبحت وجهات نظر الأطباء كابن سينا في الوحي والخلق وفي مواضيع أخرى مشابهة، غير متوافقة مع المعتقدات الإسلامية المتشددة. لذلك فقد انتقد بعض الكتاب المسلمين كالإمام المتصوف الغزالي (ت ٥٠٥هـ/ ١١١١م) هذه الكتابات الطبية وبعنف شديد. وكانت هذه الانتقادات في الواقع موجهة

= وللإصابة بالعين، انظر: B. Spooner, «The Evil Eye in the Middle East,» in: Mary Douglas, ed., *Witchcraft Confessions and Accusations*, Association of Social Anthropologists Monographs; 9 (London; New York: Tavistock Publications, 1970), pp. 311 - 319.

وللدراسة انثروبولوجية حديثة في العلاج وفق الطريقة الصوفية، انظر: Vincent Crapanzano, *The Hamadsha: A Study in Moroccan Ethnopsychiatry* (Berkeley, Calif.: University of California Press, 1973).

وحول الأقداح السحرية، انظر: Annette Ittig, «A Talismanic Bowl,» *Annales islamologiques*, vol. 18 (1982), pp. 79 - 94, et planches II - VII,

بالإضافة إلى ببليوغرافيا موسعة.

ضد الآراء الفلسفية أكثر مما هي موجهة ضد الآراء الطبية، لكن بما أن الطب القائم على البحث والعلم كان مرتبطاً بالفلسفة ارتباطاً وثيقاً، فقد طاله هذا النقد ووقف فقهاء ضد تطوره وتقدمه. وعندما يتجند بعض الفقهاء لنكران كل معرفة خارج إطار الوحي وللتشكيك في مفاهيم السببية التي سبق وتبناها العلماء، لا يعود ممكناً أن تكون دراسة عمل الطبيعة موضوعاً للبحث العلمي.

لقد روج بعض رجال الدين للرأي القائل بأن الممارسة الطبية هي منافسة لتعاليم الله، بينما أيد بعضهم الآخر الرأي القائل بأن النبي محمد ﷺ قد أقر، في أحاديثه، بعض الممارسات الطبية. إن هذا الوسط الفكري لا بد له أن يحد بشكل أساسي من تطور الممارسة الطبية، وبخاصة فيما يتعلق بالتجديد النظري. غير أنه في بعض الحالات كانت تقوم مشادات داخلية بين الفرق المختلفة أو المدارس الدينية المتنوعة، وهو ما سمح للفكر الطبي والعلمي بمتابعة مسيرته، وإن كان بشكل أضعف، وذلك خلال حقبة طويلة من الزمن.

وعلى الرغم من هذا الجو الضاغط، فقد بقيت المسيرة الطبية ناشطة بشكل ما طوال القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد، وبخاصة في سوريا ومصر، ولكن إبان القرنين التاليين اختفى كل أثر لنشاط ذي مستوى علمي جيد. وفي بلاد فارس الصفوية وحدها، تابع المقتبسون والشراح الطبيون وخلال القرنين السادس عشر والسابع عشر للميلاد كتابة وتنظيم المعلومات مع شيء من الأصالة.

وعلى امتداد هذه الفترة الطويلة من الزمن بقيت الأسس النظرية الطبية كما هي راسخة في التقليد اليوناني؛ وانكب أطباء القرون الوسطى على جمع وتنظيم وتحليل ما كتبه أسلافهم وعلى جعله أكثر منالاً، إلا أن عملهم اقتصر على تصحيحات تتعلق بالتفاصيل.

لكن حيوية الطب العربي وأصالته قد ظهرتا بشكل رئيس في الجوانب التطبيقية من الممارسة الطبية، والشاهد على ذلك، هو الاهتمام الذي أولاه الأطباء العرب للعلاقات فيما بين الحالات السريرية ولعلم أعراض الأمراض وللوصف الكامل لبعضها، ولتحسين التقنيات الجراحية، بالإضافة إلى جوانب عديدة أخرى متعلقة بعلاج الأمراض.

وأخيراً، يجب التنويه، وبشكل خاص، بمدى الاهتمام الذي أبداه المجتمع الإسلامي في مجال الصحة العامة آنذاك، وقد كان هذا الاهتمام بارزاً، وبخاصة خلال تطور النظام الاستشفائي.

ـ ٢٨ ـ

تأثير الطب العربي في الغرب خلال القرون الوسطى

دانيال جاكار(*)

مقدمة

إن ما تلقاه الغرب خلال القرون الوسطى من العالم العربي في مجال العلوم الطبية يندرج في صنفين من الإسهامات:

١ـ نقل مصادر إغريقية.

٢ـ تقديم مؤلفات أصيلة.

وهذا الصنف الأخير من الأعمال العلمية سيكون موضوع اهتمام هذه الدراسة. إن تأثير الطب العربي حاسم، غير أنه يتعذر أحياناً لمسه بدقة، ذلك لأن هذا العلم يمتزج بالإرث الإغريقي اللاتيني بشكل يجعل من الصعب حصره.

وبدل أن نضع قائمة بما قدمه العلماء العرب من إسهامات محددة، نفضل أن نبين الخطوط الأبرز لمجمل هذه الإسهامات، عبر متابعة الدور الذي لعبته بعض النصوص الأساسية. إن نهجنا هذا لا يمكن تطبيقه، في هذه الدراسة، على جميع الميادين الطبية. فسوف نركز اهتمامنا على الطب بمعناه الدقيق، ونعطي الأفضلية لمسائله ذات الطابع العام، تاركين جانباً بعض الميادين، كالجراحة مثلاً.

(*) مديرة أبحاث في المعهد التطبيقي للدراسات العليا ـ باريس.

قام بترجمة هذا الفصل حنا مراد ونزيه عبد القادر المرعبي.

وصلت النصوص العربية إلى الغرب عبر موجتين متتاليتين من الترجمات: الأولى عبر إيطاليا الجنوبية خلال النصف الثاني من القرن الحادي عشر، والثانية عبر إسبانيا، بعد الأولى بحوالى قرن من الزمن. حاولت هاتان الموجتان أن تنقلا إلى اللاتينية العدد الأكبر من النصوص لسد النقص العلمي الذي كان يعانيه الغرب. أما في القرن الثالث عشر، فقد أخذ المترجمون ينتقون مواضيع ترجماتهم مكرسين جهدهم تارة لعلم من الأعلام وطوراً لعمل من الأعمال.

الموجة الأولى من الترجمات: إرساء قواعد التعاليم الطبية الغربية

يبدو أن أول عمل طبي ترجم من العربية هو كتاب *Isagoge Iohanniti* الذي يشكل صيغة غير كاملة من كتاب **مسائل في الطب** لحنين بن إسحق. وعلى الرغم أن من المستحيل إثبات هذا الادعاء، إلا أن هناك دلائل ترجحه؛ فمن جهة، هناك ظهور هذه الترجمة في مخطوطات عائدة لنهاية القرن الحادي عشر؛ ومن جهة أخرى هناك الطابع الذي لم يزل متقلباً للمصطلحات الطبية الأكثر أساسية، والذي يظهر في هذه الترجمة. إن هذا الكتاب *Isagoge* يعود إلى نشاطات قسطنطين الأفريقي (Constantin l'Africain) (ت ١٠٨٧م)، الذي لم يتوقف التشهير به، ابتداءً من خلفائه المباشرين وانتهاءً بالنقاد العصريين، نظراً لما عرف عنه من عدم أمانة في التعامل مع النصوص الأصلية. ولكن بعض الدراسات الحديثة تأتي للتدقيق في هذا الرأي: فإننا نجد في ما ترجم، بعض الاختصارات كما نجد حذفاً لبعض المقاطع، ولكن ما ترجمه يطابق حرفياً المعنى العربي.

وعبر قسطنطين الأفريقي، وصلت المؤلفات العربية إلى الغرب في حلة يونانية. والمترجم لم يتردد في نسب النصوص إلى نفسه مكيفاً هذه النصوص باللاتينية، مقدماً إياها كإعادة اكتشاف للعلم اليوناني، مطلقاً على نفسه صفة المنسق أو الجامع لهذه العلوم. إن إرادته هذه في سبغ الصفة الهلينستية على النصوص تبدو واضحة من خلال اختياره للعناوين. فقد رأينا أن العنوان *Isagoge* يحجب اسم المؤلف إسحق، ولكنه يذهب إلى أبعد من ذلك. فتحت عنوان *Pantegni* نجد إسناداً إلى كتاب *Techné* لجالينوس، ولكن الـ *Pantegni* ليس من حيث المحتوى سوى كتاب **كامل الصناعة الطبية** لعلي بن العباس المجوسي. ومن الغرابة أن أعمال اسحق بن سليمان الإسرائيلي فقط ظهرت بإسم مؤلفها الحقيقي (في صيغة لاتينية طبعاً: Isaac Israeli).

إن لائحة الترجمات المنسوبة، أو التي يمكن نسبتها إلى قسطنطين الأفريقي[١] توحي بعدة استنتاجات.

---

(١) انظر الجدول في آخر هذا الفصل.

أول هذه الاستنتاجات هو غياب الوجوه الكبرى للطب العربي أمثال الرازي وابن سينا. فقد قامت أعمال قسطنطين المذكور، من جهة أولى على تركيبين استندا أساساً إلى طب جالينوس الإسكندري هما كتاب **المسائل** لحنين بن اسحق وكتاب **الكامل** لعلي بن العباس؛ كما قامت من جهة ثانية على أعمال مؤلفين من افريقيا الشمالية ارتبطوا لفترة من الزمن بالنشاط الثقافي لمدينة القيروان، كإسحق الإسرائيلي وإسحق بن عمران وابن الجزار. إن سيرة هذا المترجم التي ما زالت مصبوغة بالأسرار والأساطير تفسر مصادره الأخيرة. فهناك دراسات يبدو أنها قد أثبتت ولادته في قرطاجة من دون أن يعني ذلك أنه كان مسلماً وأنه اعتنق المسيحية فيما بعد ليصبح راهباً في دير مون كاسين (Mont-Cassin). ولكن من غير المستبعد أن يكون قد ولد مسيحياً.

ومن خلال ترجمات قسطنطين هذا، نرى كيف أن أول احتكاك للغرب اللاتيني مع الفكر العربي يعكس واقع التعليم الطبي في شمال افريقيا في القرن العاشر للميلاد. إن تقييم أهمية هذا الانغراس الأول للعلوم الطبية العربية في الغرب، عبر جنوبي إيطاليا، يقتضي مراجعة ما كان سائداً من معلومات سابقة. إن النصوص اللاتينية المتداولة في بداية القرون الوسطى كانت تتألف أساساً من بعض الجداول العيادية، وبعض قواعد التشخيص، والوصفات الطبية والحمية. إن الكتابات التركيبية التي تعود إلى نهاية العصر القديم مثل *Medecina* لمؤلفه كاسيوس فليكس (Cassius Felix) أو الترجمة المجتزأة لكتاب *Synopsis* (الذي ألفه أورباز (Oribase) قدمت وصفاً لأمراض ولعلاجاتها من دون أي تذكير منهجي بالنظرية الفيزيولوجية الملازمة. لذلك فإن الطب كان يبدو كتقنية إجرائية، قريبة من التجريبية، يمارس أساساً من قبل معالجين من الرهبان. ولكن بعض الإشارات النظرية كانت حاضرة في صيغ على شكل أراجيز شعرية مستندة إلى شروحات اسكندرية. وقد كانت هذه الأشعار معروفة على الأرجح في مدينة سالرنو (Salerne)، المكان الذي استقبلت فيه ترجمات قسطنطين الأفريقي بشكل مميز. ولم يزل نشوء ما سمي بـ «مدرسة» سالرنو محاطاً بالأسرار. ولكن شهرتها قد ثبتت في القرن العاشر. ومما لا شك فيه أنه في هذا الوسط كان هناك نوع من الطلب للمعرفة النظرية الأفضل إعداداً. فقد ترجم ألفانوس دو سالرن (Alfanus de Salerne) وهو معاصر لقسطنطين، كتاب *De natura hominis*، لمؤلفه Némésius d'Emèse، من اليونانية، وهو مؤلف يربط بقوة علم الطب بالفلسفة الطبيعية. ومن هذا المنظار، فإن الإسهام الأكبر لأولى الترجمات من العربية تمثل إضافة إلى حجم المعلومات المنقول، في المساعدة على إرساء قواعد الطب كعلم.

وقبل أن نتعرض للأصداء الخاصة التي أحدثتها ترجمات قسطنطين في الأوساط العلمية لمدينة سالرنو، يستحسن أن نذكر بداية انتشارها في مدينة شارتر (Chartres). فمن الثابت أن قسماً من الأعمال التي استند إليها قسطنطين وعالجها قد انتشر وشرح وعلق عليه في مدينة شارتر التي كانت ملتقىً مفضلاً للحياة الثقافية في القرن الثاني عشر. فمنذ الفترة ١١٢٠ ـ ١١٣٠م، يذكر غليوم دو كونش (Guillaume de Conches) كتابي الـ *Isagoge*

والـ *Pantegni* في مؤلفه **فلسفة العالم** *(Philosophia mundi)* كما يذكرهما بعد ذلك بقليل في شرحه لحوار أفلاطون *Timée*.

وتسمح هذه الاستشهادات بتكوين فكرة عن المواد العلمية التي اعتبرت جديدة في النصوص التي أدخلها قسطنطين الأفريقي. وعلى الرغم من أن المعارف الطبية لغليوم دو كونش بقيت سطحية، إلا انه أدرك بحدسه الأشياء التي يمكن أن تشكل خميرة للفكر الغربي. فالمعروف أن طب العيون كان أحد اكثر القطاعات وضوحاً في الطب العربي، وهنا نرى غليوم دو كونش، من دون أن يدخل في وصف تفصيلي لتشريح العين، يوجه القارئ إلى المصدر الذي يراه الأفضل: «إذا أراد أحدٌ أن يعرف أسماء الرطوبات والأغشية فعليه أن يقرأ كتاب *Pantegni*»[٢]؛ ونشير في هذا المجال إلى أن غليوم لا يوجه القارئ إلى كتاب *De Oculis*، الناشىء عن كتاب **تركيب العين** لحنين بن اسحق، على الرغم من أن هذه الترجمة كانت واسعة الانتشار. وكما أشار دايڤيد ليندبرغ (David Lindberg)، فإن أعمال حنين بن اسحق في طب العيون، التي تندرج تماماً في تقليد جالينوس، كان لها على طب العيون الغربي تأثير مباشر أوغير مباشر، استمر حتى القرن السابع عشر. وفي نهاية القرن الثاني عشر ساهم كتاب *De Oculis* للمؤلف السالرني بنفنتوس غرافيوس (Benvenutus Grapheus) في توسيع انتشار عمل حنين بن اسحق حول تشريح وفيزيولوجية العين. ونجد في الكتاب المذكور أول وصف غربي عن إعتام عدسة العين. وقد تعرضت نظرية الرؤية في القرون الوسطى لعدة تقلبات عبر إسهامات عربية أخرى وعبر الجدل حول نظريتي البث من العين أو إليها في الرؤية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن مؤلف ابن الهيثم(*Al Hazen* باللاتينية) كان متداولاً، بخاصة في الكتب غير الطبية المخصصة لعلم البصريات، وحول هذه النقطة يمكن القارئ الرجوع إلى ليندبرغ (Lindberg).

وهناك تجديد آخر قدمه غليوم دو كونش ويرجع أصلاً إلى كتاب *Pantegni* (أي **«كامل الصناعة الطبية»**) وهو يتعلق بانغراس القدرات الذهنية في الدماغ، حيث يقول: «ثلاث [صفات] تؤلف تماماً فكرالعاقل: القدرة على الاستيعاب، القدرة على تمييز ما استوعب والقدرة على الحفظ في الذاكرة. وهكذا يكون في دماغ الإنسان ثلاثة جيوب، جيب في المقدمة وثان في الوسط وثالث في المؤخرة»[٣].

وتوجد آثار لهذا التقسيم الثلاثي للدماغ في مؤلفات عديدة سابقة لأعمال قسطنطين ويوجد عرض للقدرات الفكرية في كتاب الطبيعة البشرية *(De natura hominis)* للمؤلف Némésius d'Emèse إلا أن الشرح الذي قدمه كتاب *Pantegni* كان له أثر حاسم يمكن تقديره من خلال مصطلحين استخدما للإشارة إلى القسم الأمامي والقسم الخلفي للدماغ،

(٢) انظر: Guillaume de Conches, *Philosophia mundi,* vol. 4, p. 25.

(٣) E. Jeauneau, *Guillaume de Conches: Glosæ super Platonem* (Paris: Vrin, 1965), p. 74.

والمصطلحان هما ترجمة للكلمتين العربيتين «الجزء المقدم» «Proue» أي مقدمة المركب و«الجزء المؤخر» «Poupe» أي مؤخرة المركب. ويبدو في هذا الإطار أن صورة المركب تفرض فوراً الطابع المهيمن للدماغ في قيادة جسم الإنسان. وقد أدخل مؤلف ابن العباس بقوة في الفكر الطبي في القرون الوسطى نظرية الحواس الداخلية الوسيطة بين القدرات الذهنية للروح وبين الحواس الخمس الخارجية. فقد قدمت الكتب التالية *Isagoge* و*Viaticum* و*De Oculis* عرضاً مماثلاً يشدد على التموضع الدماغي للقدرات الذهنية وعلى دور الناقل الذي تلعبه العقول (Pneumata)، التي تخضع بدورها لتغيرات التوازن الفيزيائي والانفعالي في آن معاً. وقد أحدث إدخال هذا النظام التفسيري اضطراباً في أوساط اللاهوتيين في القرن الثاني عشر، إذ أحسوا بالخطر الناجم عن المطابقة ما بين العقل والروح. ونذكر أن غليوم دو سانت تياري (Guillaume de Saint-Thierry)، وهو معاصر لغليوم دو كونش وقارئ لـ *Pantegni* أيضاً، قد أجرى توضيحاً في مؤلفه *De natura carporis et anime* فقال: «إن الخاصات المختلفة، الطبيعية أو الحيوية أو الحيوانية، ليست الروح، بل أدوات الروح». وفي هذا السياق بالذات يجب تحديد مكانة ترجمة يوحنا الإشبيلي (Jean de Séville) لمؤلف قسطا بن لوقا الذي يعالج مسألة الاختلافات بين pneuma والروح. وبعد أن تنبه جميع الكتاب الأطباء إلى هذا الأمر، فهموا مغزى النظرية العربية عن الحواس الداخلية التي سمحت لهم بإقامة الرابط بين البسيكولوجيا والفيزيولوجيا. وعلى مر السنين، أجريت تعديلات على عدد جيوب الدماغ وعلى تسمية القدرات الذهنية، وقد أتت هذه التعديلات في أعمال عربية أخرى مثل *De anima* و**القانون في الطب** *Canon* لابن سينا، حيث أدت إلى تدقيق العملية التفسيرية التي توضح الانتقال في الاتجاهين ما بين حالات فيزيائية وحالات ذهنية، طبيعية أو مرضية. إن إحدى نتائج هذا العرض موجودة في كتاب *De parte operativa*(٤) لـ أرنو دو ڤيل نوف (Arnaud de Ville Neuve) (ت سنة ١٣١١م)، الذي يجري بطريقة مفصلة تركيباً بين علم تصنيف الأمراض اليوناني ـ العربي وبين البسيكو ـ فيزيولوجيا المتولدة من نظرية الحواس الداخلية.

لنعد إلى غليوم دو كونش؛ فمن الواضح أن المعلومات الرئيسية التي أخذها من *Pantegni* تتعلق بنظرية العناصر، وهذه النظرية شديدة الارتباط بموضوعه الفلسفي. ويستحيل هنا الدخول في تفاصيل استخدام هذه المعلومات والذي يقع في سياق نقاش واسع يتناول بخاصة تاريخ الفيزياء. يكفي أن نعرف أن المقطع الطويل الذي خصصه علي ابن العباس لتعريف العناصر سمح لغليوم بإدخال عمل جسم الإنسان في إطار علم للكونيات. إن شرّاح مدينة سالرنو في القرن الثاني عشر تميزوا بمسار من النمط نفسه لمسار غليوم، لكن هدفهم كان مختلفاً إلى حد بعيد، فقد أرادوا ربط الطب بمعطيات الفلسفة

(٤) Arnaldus de Villanova, *De parte operativa* (Lyon: [n. pb.], 1504).

الطبيعية وإعطاءه بذلك أسساً مطابقة لنظام «علم».

وفقاً لـ *Pantegni*، إن الأمزجة الأربعة التي تشكل الجسم البشري (أي الدم والبلغم والصفراء والسوداء) «تسمى فتيات العناصر، لأنها شبيهة بها، إذ أن كل مزاج مؤلف انطلاقاً من صفاتها» (*Theorica,* I.5). والأمزجة بدورها تشكل المكونات الصلبة للجسم. وينتج عن ذلك أن كل جزء من الجسم، وكل عملية طبيعية أو مرضية، وكذلك كل عنصر يدخل إلى الجسم عن طريق المعدة سواء أكان غذاءً أم دواءً، إن كل هذه الأمور تخضع لتفاعل الصفات الأولية (الحار، البارد، الجاف، الرطب)، وما ينتج عن ذلك يشكل الطبع أو المزاج. إن العرض الواضح لهذه النظرية من خلال *Isagoge* و*Pantegni* وجه بشكل عميق التعليم السالرني. ففي القرن الثاني عشر، ظهرت سلسلة من الشروحات لـ *Isagoge* تعود للأساتذة بارتيليمي السالرني (Barthélemy de Salerne) وبتروس موساندينوس (Petrus Musandinus) وماروس (Marus)، وقد طرحت هذه الشروحات لفترة طويلة مسألة امتزاج الصفات في نشوء المزاج. واستعملت المصطلح الذي حدده لقرون قسطنطين في *Pantegni*: «نسمي المزاج (Complexio) ما ينتج عن امتزاج (Commixtio) العناصر» (*Theorica,* I.6).

إن هذا التعريف هو ترجمة أمينة تقريباً لما ورد في **كامل الصناعة الطبية** لعلي بن العباس. وهكذا امتلك الغرب تعريفاً واضحاً وتسمية وحيدة لمفهوم كان يبرز في الأعمال المتداولة تحت أسماء متنوعة (crasis, natura, qualitas, temperantia, temperies). إن مسألة امتزاج الصفات في إطار الأمزجة احتلت موقعاً مركزياً لدى الشراح السالرنيين لمؤلف *Isagoge*. فقد قادتهم هذه المسألة إلى استخدام الترجمة اليونانية ـ اللاتينية الحديثة في ذلك الوقت لمؤلف أرسطو *De generatione et conceptione*، وذلك بهدف ضبط مفهوم الامتزاج بشكل أكثر دقة. بالإضافة إلى ذلك، فإنه بلا شك لم يكن من قبيل المصادفة أن بورجونديو البيزي (Burgundio de Pise) الذي كان معروفاً بصلاته مع بارتيليمي قد باشر بترجمة كتاب جالينوس *De complexionibus* مباشرة عن اليونانية، والكتاب هذا هو المصدر الرئيس لعلي بن العباس في هذه المسألة. وفي نهاية القرن الثاني عشر، خصص آخر معلم شهير في سالرنو، وهو أورسو (Urso)، أعمالاً مختلفة *(De commixtionibus, De effectibus qualitatum)*، وكذلك مقاطع طويلة من مؤلفه *Aphorismi* لمسألة امتزاج العناصر وتركيب الصفات في إطار الجسم. وفي وسط النقاشات ذات التوجه الفلسفي، وجدت نظرية تفاعل الصفات تطبيقاً في صناعة الأدوية. وقد أعطت ترجمة أخرى لقسطنطين، وهي *De gradibus* المستوحاة من ابن الجزار، تعريفاً واضحاً لمفهوم جالينوس عن الدرجة: «نقول إن الأقدمين قسموا مزاج دواء ما إلى أربعة أقسام سموها درجات. وفي الواقع فقد قالوا إن كل دواء هو إما من الدرجة الأولى، وإما من الدرجة الثانية، وإما من الدرجة الثالثة، وإما من الرابعة». أدخل هذا التعريف تعداداً لسلسلة من النباتات الطبية التي خصصت لها درجات، وهو بذلك يحدد مستوى شدة صفتها المهيمنة (حار، بارد، جاف، رطب). وقد أدخلت

المعطيات التي قدمها كتاب *De gradibus* في منتصف القرن الثاني عشر في مؤلف *Circa instans* العائد إلى بلاتيريوس (Platearius) (نشرة Wölfel)، الذي شكل ضمن مراجع القرون الوسطى للأدوية أحد المصادر الأكثر استخداماً. وبشكل مواز، كانت نظرية الدرجات موضوع نقاش في الوسط السالرني في وقت لم يكن فيه النص الجالينوسي الأساسي في هذا الميدان، أي *De simpli médicina*، كما يبدو معروفاً بعد. وقد حاول أورسو في مؤلفه *De gradibus* إعداد طريقة لتحديد صفة المزاج الأولي لمادة ما ولموضوع ما، وذلك بتركيز اهتمامه على الإدراك الحسي.

أعطت مجموعة الأعمال التي ترجمها قسطنطين، من خلال التحديدات الواضحة التي اقترحتها، دفعاً حاسماً لإعداد علم طبي مبني على فيزيولوجيا قادرة على تحليل مجموع الظواهر. وقد مارس الكتابان *Isagoge* و*Pantegni* تأثيراً أيضاً في بنية التعليم الطبي. فهذان العملان مبنيان على التقسيم الثنائي للطب إلى نظرية وتطبيق، ومخططهما يوافق هذا التقسيم. إن تفريع العلوم إلى نظرية وتطبيق لم تكن فكرة جديدة، فهي تعود إلى أرسطو (*Topiques* VI.1, *Métaphysique* II.1) وقد طورها ماكروب (Macrobe) وبويس (Boèce). وكما أشار غي بوجوان (Guy Beaujouan)، فإن الجدة في القرن الثاني عشر تمثلت في تطبيق هذا التمييز على مواد معينة، في حين أنه كان يطال سابقاً الفلسفة وحدها في مجموعها. وقد كان حال الطب نموذجياً بهذا الخصوص، فالتقسيم الثنائي للعلم الطبي المقترح في *Isagoge* و*Pantegni* قد قبل بشكل أفضل، ولا سيما أنه كان مصاغاً في شروحات مدينة رافين الإيطالية (Ravenne)، والشروحات هذه من أصل اسكندري. وقد أعطى كتاب *Pantegni* تعريفاً لقسمي الطب نقلاً عن ابن العباس: «إن النظرية هي المعرفة الكاملة للأشياء التي يدركها العقل وحده، وهي خاضعة لذاكرة الأشياء التي تعمل، والتطبيق يتمثل في إثبات أن النظرية خاضعة لمعرفة الحواس ومن خلال العملية اليدوية، وذلك وفق الفهم العائد للنظرية الموجودة قبلاً». وقد أثار هذا التعريف من خلال غموضه تساؤلات عديدة حول صلات التبعية التي ينبغي عليها جمع النظرية والتطبيق. ففي شرحه لـ *Isagoge*، وكما دون في مخطوطة باريس (Bibl. nat., lat. 18499)، صاغ موروس دو سالرن (ت ١٢١٤م) مختلف وجهات النظر الممكنة، لكنه أيد الموقف الذي يقول: «إن التجربة هي علم إثباتي خاضع للنظرية». ويضيف استناداً إلى أحد أسلافه المطران روميال سالرنيتانوس (l'archevque Romuald Salernitanus) أن الإنسان الذي لا تخضع أعماله لإدراك نظرية لا يمكن وصفه بـ «التطبيقي». وإذا كان خضوع التطبيق للنظرية، والذي اعتمدته أغلبية الكتاب في القرون الوسطى، قد ساعد الطب على الخروج من إطار «الحرف الميكانيكية»، إلا أنه غالباً ما شكل عقبة أمام إدخال الاختبار في الطب. وبما أن التطبيق لم يعتبر كمهارة وإتقان بل «كعلم إثباتي للنظرية»، فإن تدريسه في الجامعات لم يختلف عن تدريس النظرية. وقد شهد الغرب في القرن الثالث عشر تعزيزاً لهذا المنحى، مع اعتماد

تعريف ابن سينا الذي يقول إن تقسيم الطب إلى نظري وتطبيقي لا يعني أن قسماً من الطب يكمن في المعرفة والآخر في الممارسة، بل ينبغي فهم كل قسم باعتباره علماً قائماً بذاته. لكن أحدهما يتناول معرفة المبادىء والآخر نوعية التطبيق.

ونشير إلى أن كتاب *Pantegni* لم يكتف بإعطاء تحديد، بل اقترح أيضاً تقسيماً للمواضيع المطروحة إلى نظرية وتطبيقية. وقد استنفد التعليم الجامعي وإمكاناته إلى حد بعيد في هذا التقسيم. فالتشريعات البولونية(٥) العائدة للعام ١٤٠٥م، والتي صدقت على ممارسات سابقة، كانت ترى أنه ينبغي على كل معلم أن يدير نقاشات مدرسية في النظرية أولاً، ثم في التطبيق. لقد أبصر هذا التقسيم النور على الأرجح في سالرنو. فهناك كتاب إسمه *Anatomie* حدد كارل سودهوف (Karl Sudhoff) أن مؤلفه هو أورسو، ويصور هذا المؤلف في كتابه معلمه ماتيوس بلاتيريوس (Matthaeus Platearius) «كالحجر الثمين للاطباء السالرنيين في النظرية والتطبيق». إن التمهيد لكتاب *Antidotatium Nicolai*، الذي وضع من دون شك حوالى سنة ١٢٠٠، يكشف أيضاً أهمية التعريف المنتشر بواسطة *Pantegni*، نقرأ هناك: «أنا، نيكولاس، وبطلب من البعض الذين يريدون أن يتعلموا تطبيق الطب، ولكي ألقنهم وفق ترتيب جيد طريقة العمل ووصف الدواء، ولكي أنقل إليهم عقيدة أكيدة، سأضع كتابةً... الخ».

بعد أن انتقلت أولى الأعمال العربية المترجمة إلى وسط خصب للغاية، وجهت بشكل حاسم التعليم الطبي الغربي. وعندما نهتم بالمتابعة التفصيلية لمضمون هذا التعليم في سالرنو، فإننا نرى أن المعارف الآتية من النصوص العربية مبنية على الإرث اليوناني اللاتيني. فالمصطلحات غالباً ما تكون الدليل الوحيد لتحديد التأثيرات المهيمنة. وقد أدخل قسطنطين عدداً من المصطلحات الجديدة في علم التشريح نذكر منها: mery (أي المريء) nucha (أي النخاع)، siphac (أي الصفاق)، zirbus (أي الثرب). وإذا كانت هذه الكلمات قد اختفت شيئاً فشيئاً بعد القرون الوسطى، فإن التعبيرين pia mater وdura mater، اللذين يعنيان «الأم الرقيقة» و «الأم الجافية»، بقيا في مفردات علم التشريح الحديث (dure- mère, pie-mère). إن كتب Anatomies التي وضعت في سالرنو يفترض بها أن تكون مبنية على تشريح الخنزير. وأنواع الوصف التي ترد فيها تمزج تعليم *Pantegni* مع تراث يوناني ـ لاتيني. إن أول كتاب حسب التسلسل الزمني من بين هذه الكتب، وهو *Anatomia Cophonis* لا يعرض في نسخته الأصلية *Pantegni*، لكنه يدخل في صيغة أخرى معدلة قسماً من المصطلحات العربية. والأمر نفسه ينطبق على وصفات الأدوية: فقد أدخل *Antidotarium Nicolai* المعارف العربية وبشكل خاص المتعلقة بالسكر ومختلف أنواع

(٥) نسبة إلى بولونيا وهي مدينة ايطالية.

الشراب، إلى المعطيات السابقة. يمكن إعطاء الكثير من هذه الأمثلة، لكن عدداً من التساؤلات يبقى مطروحاً فيما يتعلق بأصل بعض الأفكار أو الممارسات. إن كتاب *Circa instans* للمؤلف بلاتيريوس (Platearius) يقدم دليلاً على التأثير العربي عندما يصف تقطير المياه العلاجية، إلا أن التقطير كان معروفاً عند البيزنطين.

إن الترجمات الأولى من العربية، وبعد مرورها بمصفاة سالرنو، لعبت من جديد دوراً عند نشوء الجامعات. فقد شرح مرات عديدة كتاب *Isagoge* لـ يوهانيتيوس (Iohannitius)، وكان هذا الكتاب على رأس مجموعة *Articella* التي تتضمن أيضاً مؤلفات أبقراطية وبيزنطية، وكذلك كتاب *Tegni* لجالينوس. كما أن أعمال اسحق الإسرائيلي شكلت جزءاً من البرامج الجامعية حتى نهاية القرون الوسطى. وبالمقابل، فإن الكتابين *Pantegni* و*Viaticum* شهدا انحدار نجاحهما لمصلحة مجموعات أخرى من علم الطب، مثل كتاب **القانون في الطب** *(Canonis)* لابن سينا و**كتاب المنصوري في الطب** *(Liber ad Almansorem)* للرازي.

الموجة الثانية من الترجمات:
البحث عن الجالينوسية الحقيقية

عندما توفي جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone) في طليطلة سنة ١١٨٧ بعد وفاة قسطنطين الأفريقي بقرن من الزمن، ابتدأ الغرب اللاتيني بإقامة المؤسسات الجامعية. وفي منتصف القرن الثالث عشر، أدخلت كليات الطب الكبرى الثلاث في باريس ومونبولييه وبولونيا[٦] تدريجياً في تعليمها مضمون الترجمات الطليطلية، التي أضيفت إلى مجموعة قسطنطين، لتشكل معها حتى نهاية القرون الوسطى النصوص المستخدمة كنقطة انطلاق لتلقين الطلاب ولنقاشات المعلمين. وقد ترجم جيرار دو كريمون من العربية، كما فعل سلفه من مون كاسين (Mont-Cassin)، نصوصاً أصلية ومؤلفات صادرة عن اليونانية في آن معاً. إن الأعمال الأساسية لابن سينا والرازي، والقسم الجراحي من كتاب «**التصريف**» لـ Albucasis (أي الزهراوي) عرفت جميعها بالإضافة إلى سلسلة مهمة من المؤلفات الجالينوسية. وفي ذلك الوقت لم يكن العمل التشريحي لجالينوس قد نقل بعد بكامله، إذ إن كتاب *De usu partium* لم يصل بنصه التام إلا في القرن الرابع عشر في نسخة نيكولا دو ريجيو (Nicolas de Reggio) اليونانية ـ اللاتينية، لذلك وفي ميدان الفيزيولوجيا وعلم الأمراض وعلم العلاج، كان باستطاعة المعلمين الغربيين مقابلة الأعمال العربية بالمصادر الجالينوسية وهي *De interioribus*، *De locis affectis*، *De morbo et accidenti*،

(٦) مدينة في إيطاليا.

De ingenio sanitatis (Methodus medendi) وغيرها. إن النقاط المشتركة والخلافات والإغناءات تمت دراستها بدقة وفق الاستدلال المدرسي، ومن هذا الجدل ولدت تيارات متنوعة من الفكر أظهرت نقاط الضعف والتخلخل في الأنظمة المقترحة.

تميزت مرحلة نهاية القرون الوسطى بالمكانة المرموقة الراجحة التي احتلها كتاب **القانون** لابن سينا في التعليم الطبي. فقد لعبت ترجمة جيرار دو كريمون، الحرفية للغاية والغنية بالمصطلحات العربية المنقولة بالحرف، الدور الذي كان سابقاً لـ *Pantegni*. واستخدمت الترجمة كمصدر معلومات مفضل في جميع الميادين، كما استعملها أيضاً الناس الذين لم يكونوا يعملون في الطب: فالموسوعي بارتيليمي (Barthélemy) الإنكليزي وفر لها في مؤلفه *De proprietate rerum* نوعاً من التبسيط. وقد امتد تأثير كتاب **القانون** لابن سينا إلى ما بعد القرون الوسطى، إذ إن بعض الجامعات حافظت عليه في برنامجها التعليمي حتى القرن الثامن عشر، ففي پادو (Padoue) بقي الكتاب حتى سنة ١٧٦٧، وفي بولونيا وبعد أن حذف من البرنامج سنة ١٧٢١ أدخل مرة أخرى من سنة ١٧٣٧ إلى سنة ١٨٠٠م. وقد عرف كتاب **القانون في** صيغته اللاتينية حوالى ستين نشرة كاملة أو جزئية في الفترة الممتدة بين العامين ١٥٠٠ و١٦٧٤م، بالإضافة إلى مراجعات للترجمة التي تعود الى القرون الوسطى، إلا أن استقبال العمل الطبي لابن سينا لم يأت مباشرة بعد ترجمته، كما أنه لم يعرف الميزات نفسها في جميع الأماكن. فعلى سبيل المثال اعتمدت جامعة بولونيا هذا النص كموجز أساسي ابتداءً من النصف الثاني من القرن الثالث عشر. وكان شراح كتاب **القانون** في أغلبيتهم إيطاليين نذكر منهم: تاديو ألديروتي (Taddeo Alderotti) (ت ١٢٩٥م)، دينو ديل غاربو (Dino del Garbo) (ت ١٣٢٧م)، جانتيل دو فولينيو (Gentile de Foligno) (ت ١٣٤٨م)، أوغو بنزي (Ugo Benzi) (ت ١٤٣٩م) وغيرهم. إن المخطط المتكلف والصارم للكتاب، والأهمية المعقودة فيه لعلم أسباب المرض، وإدخال أربعة أشكال من العلل الأرسطية في هذا العلم (وهي المادية والفاعلة والشكلية والغائية)، إن هذه الأمور جميعها كانت تنسجم مع تعليم ذي طابع مدرسي وثيق الارتباط بالفلسفة. إن الفائدة التي كان من الممكن استخلاصها من هذا الكتاب أدركها بتروس هيسبانوس (Petrus Hispanus) وهو ليس طبيباً فحسب، بل رجل منطق أيضاً. وقد دلت شروحاته المختلفة على استخدام واسع لكتاب *Canon*، ولم يكن مجيئه إلى مدينة سيان (Sienne) في العام ١٢٤٦م من دون تأثير على الشكل الذي أخذه التعليم الإيطالي. أما في باريس ومونبولييه، فقد أثار إدخال مؤلف ابن سينا على ما يبدو من التحفظات أكثر مما ظهر في المناطق الأخرى، ولم يصبح كتاب **القانون** مرجعاً مهيمناً إلا تدريجياً في النصف الأول من القرن الرابع عشر.

وحتى الأوساط الأكثر تحفظاً أدركت على الفور الإغناء الذي قدمته إلى علم الأمراض الترجمات الطليطلية لأعمال عربية. ففي بداية القرن الثالث عشر، أعلن جيراردوس بيتوريسنسيس (Girardus Bituricensis) المرتبط بالوسط الباريسي، أنه في شرحه

لـ *Viaticum*(٧) يود القيام بعمل جديد مستنداً إلى ابن سينا والرازي. وفي رأيه، سد الطبيبان العربيان ثغرة بواسطة عرضهما الواسع للعلل ولأعراض وعلاج الأمراض. وبسبب جهله للتسلسل الزمني، وضع جيراردوس المؤلفين على المستوى نفسه ولم يكن يعرف كيف يتعامل مع الواحد أو الآخر. بالإضافة إلى ذلك، يبدو أن وصف الحصبة قد دخل أولاً إلى الغرب اللاتيني من خلال كتاب *Canon* الذي استعاد في هذا الموضوع تفسيرات الرازي. ومما لا شك فيه أن تحديد ابن سينا الذي يشدد على أن الحصبة أقل حدة من الجدري، دفع جيرار دو كريمون إلى اعتبار الحصبة moribillus (والكلمة هذه تصغير لـ morbus، أي المرض). إن الأهمية التي حازها في فرنسا هذا العرض الجديد لعلم الأمراض يبينها اختيار النصوص المشروحة: فقد فسر المعلم الباريسي جان دو سانت أماند (Jean de Saint-Amand) ابتداءً من النصف الثاني للقرن الثالث عشر بداية المقالة الرابعة من كتاب *Canon* المخصصة لأنواع الحمى. وفي القرن الرابع عشر في مونبولييه شرح جيرار دو سولو (Gérard de Solo) هذه المقالة الرابعة نفسها، بالإضافة إلى المقالة التاسعة من *Almansor* للرازي، واصفاً الأمراض في مؤلفه *a capite ad calcem* كما أن معلماً آخر من مونبولييه هو جان دو تورنمير (Jean de Tournemire) وضع لاحقاً بعد بضع سنوات مؤلفاً هو *Clarificatorium super Nono Almansoris*. علاوة على ذلك، كانت أعمال المؤلفين العرب مصدراً رئيسياً للأطباء الغربيين عندما انتشر وباء الطاعون سنة ١٣٤٨ م، فهذه المعضلة لم تكن معروفة من قبل أسلاف أولئك الأطباء. وقد استندت المؤلفات العديدة عن الطاعون، التي وضعت في القرنين الرابع عشر والخامس عشر، إلى كتابي *Canon*و *Almansor* في وصف الداء وتحديد العلاج. إن عرض ابن سينا حول انتشار المرض بواسطة تلوث الهواء استخدم كمرتكز رئيس للتفسير الغربي. ونشير هنا إلى أن المؤلفات الغرناطية العائدة للشقوري وابن خاتمة وابن الخطيب لم تكن على ما يبدو معروفة من قبل الأطباء الناطقين باللاتينية.

اعتبر كتاب **القانون في** مرحلة أولى من إدخاله كحامل أفكار جديدة بصدد نظرية علم العلاج. فقد تغير مفهوم المزاج نفسه إلى حد بعيد بالنسبة إلى العرض الذي قدمه المجوسي. وتم التشديد على حصة النسبية التي تلعب دوراً في إدراك الصفات المهيمنة. ويشدد ابن سينا في تعريفه للأمزجة(٨) على استحالة التحديد في المطلق للمزاج المتوازن. فهو يتغير بين حدين أقصيين وفق «عرض»(٩) يمكن أن يكون كبيراً. وكل مكون للكائن البشري لا يتميز بصفة إلا بالنسبة إلى مكون آخر. إن إدخال مفهوم الشكل المميز يحد من إمكانية إنشاء نظام علاجي مرتكز فقط على امتزاج الصفات الأولية: فعمل جسم يدخل إلى المعدة، أكان

---

(٧) Girardus Bituricensis, *Viaticum* (Venice: [n. pb.], 1505).

(٨) أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، **القانون في الطب**، I، ١، ٣، ١.

(٩) المصطلح هو لابن سينا.

غذاءً أم دواءً، بسيطاً أم مركباً، هو أيضاً يتحدد بواسطة خاصة لا تتحدد بدورها إلا بتأثيره[10]. علاوة على ذلك، إن الصفات الأولية في إطار مزيج ما، والتي تبقى غير متغيرة بالقوة وفقاً لنظرية أرسطو، يمكنها إما أن تستمر في التأثير بعضها في بعضها الآخر، وإما أن تنفصل وتؤثر على الدم إفرادياً[11]. إن هذه الافتراضات التي تترك مكاناً واسعاً لعدم إمكانية التكهن بالنسبة إلى تأثير الأدوية، لفتت انتباه علماء كانوا يميلون إلى إعطاء ميزة لدور التجربة في تفسير الظواهر الطبيعية. وقد رجع روبير غروستستت (Robert Grosseteste)، في عدة حالات، إلى مفهوم ابن سينا في الشكل المميز. ففي شرحه لـ «فيزياء» أرسطو، والذي وضعه حوالى الأعوام ١٢٢٥ـ ١٢٣٠م، يستند إلى كتاب *Canon* ويذكر المثل الذي أصبح نموذجاً عن المغناطيس الذي يجذب الحديد، وذلك لكي يثبت أن دواءً ما يمكن أن يؤثر بموجب خاصة ملازمة وليس بموجب صفة[12]. إن تأثير الأدوية المركبة يقدم على النمط نفسه لروجر بيكون (Roger Bacon) مناسبة لكي يفرق بين الإدراك والتجربة فيقول: «في المقالة الخامسة من *Canon* يذكر الأمير (Aboaly)[13] أن كل دواء مركب يكتسب خاصته بواسطة نباتاته[14] المفردة وشكله التام. إن الخاصة المكتسبة بواسطة النباتات المفردة لا يمكن معرفتها إلا بواسطة الاستدلال، في حين أن الخاصة المكتسبة بواسطة الشكل التام لا يمكن معرفتها إلا بالتجربة»[15]. وقد اتبع روجر بيكون **القانون** فأعطى ميزة للتأثير الذي لا يمكن إثباته إلا بالتجربة. وبعد هذه المواقف المتعلقة بالمبدأ يقدم *Antidotarium* نظاماً لضبط مقادير الأدوية المركبة. وتندرج هذه المحاولة في سياق التحديد الكمي للصفات، الذي تطرقت إليه الفيزياء في القرون الوسطى.

إن علم الأدوية الذي عرضه ابن سينا يضع في سياق جالينوسي دقيق مسألة التأثير الفعلي للصفات الأولية. وقد أنشأ جان دو سانت أماند (Jean de Saint-Amand) في شرحه لـ *Antidotarium Nicolai*، والذي حلله مايكل ماك فوغ (Michael McVaugh)، نظاماً يرجع بشكل محدود إلى الصفات الأولية، مع الاعتراف بعدم امكانية التكهن بالخاصة الفاعلة لدواء مركب. وفي نهاية «التخمير» الذي تتعرض له النباتات المكونة، ينشأ مبدأ جديد فاعل من «الشكل التام»، إلا أن آثاراً لكل صفة تبقى وفق النسبة التي كانت تملكها في التركيبة

(١٠) المصدر نفسه، I، ٢، ٢، ١، ١٥.

(١١) المصدر نفسه، II، ١، ١.

(١٢) انظر: Richard C. Dales, ed., *Roberti Grosseteste episcopi Lincolniensis commentarius in VIII libros Physicorum Aristotelis* (Boulder, Colo.: University of Colorado Press, 1963), p. 130.

(١٣) أي ابن سينا.

(١٤) وهو العناصر البسيطة المكونة.

(١٥) A. G. Little and E. Withington, *Opera hactenus inedita Rogeri Baconi, IX, Antidotarium, De erroribus medicorum, De graduatione medicinarum* (Oxford: [n. pb.], 1928), vol. 9, pp. 103 - 104.

الأصلية. وكقاعدة عامة، نلاحظ أن جان دو سانت أماند يأخذ بخاصة من ابن سينا ما يتعلق بعلم العلاج، في حين أن القسمين الأولين من مؤلفه *Revocativum memorie* هما عبارة عن نوع من مختارات من المؤلفات الجالينوسية، أما القسم الثالث الذي يعرض وفق الترتيب الأبجدي خصائص الأدوية البسيطة والمركبة، فهو يعود بشكل أساسي إلى المقالتين الثانية والخامسة من كتاب *Canon*.

لا يمكن أن نتصدى لموضوع علم الأدوية في القرون الوسطى واستقبال كتاب **القانون** دون أن نشير إلى أرنو دو ڤيل نوف (Arnaud de Ville Neuve)، أحد أبرز الوجوه الفكرية في القرون الوسطى. وعلى الرغم من أن هذا الطبيب الكاتالاني كان منفتحاً على التجربة في جزء من أعماله وممارسته، إلا أنه انحاز إلى منهجية عقلانية لعلم الأدوية. فقد استند في هذا المشروع إلى ترجمة طليطلية لكتاب الكندي[(١٦)]، وهي *De gradibus* التي اعتبرها روجر بيكون في مؤلفه *De erroribus medicorum* «صعبة للغاية كما أنها تكاد تكون كلياً غير معروفة من قبل الأطباء اللاتينين»[(١٧)]. وقد بقي أرنو دو ڤيل نوف متبعاً التقليد الجالينوسي الصرف حول الصفات الأولية وتقسيمها إلى أربع درجات من الحدة في إطار أمزجة. وفي أعماله *Aphorismi de gradibus*[(١٨)] التي وضعها حوالى العام ١٢٩٠، أعد علم أدوية رياضياً، مستخدماً مؤلف الكندي ونظرية «الكميات الأولية» التي صاغها ابن رشد. ويقول هذا العلم إن القانون، الذي بموجبه تزداد حدة الصفة (الدرجة) وفق متوالية حسابية في حين أن النسبة بين القوى المتعارضة والناتجة عن هذه القوى تتبع متوالية هندسية، إن هذا القانون يطبق في التفصيل على تعيين مقادير الأدوية المركبة. إن هذا الحل المعتمد يقترب من الحل الذي طبقه حسّاب أكسفورد في القرن الرابع عشر على دراسة الحركة. وهذا النظام، الذي حول إلى الحد الأقصى حصة عدم التوقع في علم الأدوية، اتبع لفترة من الزمن في مونبولييه واستعيد في القرن الخامس عشر من قبل طبيب ملوك أراغون أنطوان ريكارت (Antoine Ricart) في مؤلفه عن تحديد مقادير الأدوية. وقد وسع هذا الكاتب في عمله *Libellus de quantitabus et Proportionibus humorum*[(١٩)] نظرية الدرجات لتشمل تغيرات الكتلة المزاجية. وعلى الرغم من تأثير الطريقة التي أنشأها أرنو دو ڤيلونوڤ متبعاً الكندي، إلا أنها اعتبرت تجريدية ولم تلق إلا صدى بسيطاً.

---

(١٦) **رسالة في معرفة قوة الأدوية المركبة.**

(١٧) Little and Withington, Ibid., vol. 9, pp. 166 - 167.

(١٨) Michael R. McVaugh, *Arnaldi de Villanova Aphorismi de gradibus* (Grenade; Barcelone: Université de Barcelone, 1975).

(١٩) J. M. Dureau - Lapeyssonie, «L'Œuvre d'Antoine Ricart, médecin catalan du XV^e siècle,» dans: Guy Beaujouan [et al.], *Médecine humaine et vétérinaire à la fin du moyen âge,* hautes études médiévales et modernes; 2 (Genève: Droz, 1966), pp. 175 - 304.

كان أرنو دو ڤيل نوف مجدداً في إطار تقليد استوحى أعمال جالينوس. وكان أيضاً ناقداً لاذعاً لابن سينا، على الرغم من أنه أحياناً استوحى مؤلفاته وأنه ترجم له «مقالة في أحكام الأدوية القلبية» التي ظهرت بعنوان *De viribus cordis*. وفي سياق مرجح من الجدال داخل الوسط الطبي، انتقد بعنف ومرة بعد أخرى أولئك الذين يتبعون كتاب *Canon* لابن سينا بشكل أعمى. فقد أعلن في كتابه *Consideration operis medicine*(٢٠) أنه أثبت من خلال شروحاته لـ *De malitia complexionis diverse* وكذلك لـ *De morbo et accidenti* أن «الحقيقة المتينة التي وصل إليها جالينوس لم يفهمها ابن سينا الذي، من خلال غزارة مجلده الضخم في الطب، جعل القسم الأعظم من الأطباء اللاتينيين حمقى». وفي العمل نفسه يلوم دو ڤيل نوف المعلمين لرجوعهم إلى نفوذ ابن سينا من دون أن يفهموا: «أنهم يثرثرون تحت نفوذه، من دون أن يتذكروا البرهان، ويبدو أنهم يعتبرون أنفسهم مغتبطين إذا استطاعوا رؤية أو قراءة أو إظهار عبء المجلد على منابرهم الكبيرة». إن فهم أعمال ابن سينا بالنسبة إلى دو ڤيل نوف يعني تمريرها من خلال مصفاة الجالينوسية. وفي التمهيد لـ *De intentione medicorum*(٢١) يشير إلى دليلين ينبغي على طبيب القرون الوسطى أن يتبعهما، ويعني بهما جالينوس بالطبع والرازي أيضاً، فيقول: «إن هذا الكتاب الصغير حول قصد الأطباء مبني على تعليم عدة كتاب، أي جالينوس وبعض العرب ومن بينهم الرازي، الرجل الواضح في التفكير، اليقظ في العمل، الحاسم في الحكم، الأمين في التجربة. لقد زودنا خصيصاً بمقدمة في كتابه الصغير حول توافق الفلاسفة والأطباء؛ وفي هذا الكتيب، حتى وإن كان قصد التأكيدات المادية لا يظهر تماماً، فإن الطريقة لفهم هذه التأكيدات هي على أي حال مبنية بشكل ساطع. والظلمات التي غالباً ما تخيفك في كتب جالينوس هي مضاءة بالنور المشع لهذا العمل». اعتبر العالم العربي، إذن، أفضل متابع لجالينوس، وقد عرف كيف يفهم قصده: هناك ما يدعو للتساؤل ما إذا استطاع دو ڤيل نوف، المستعرب، ان يطلع على كتاب **الشكوك على جالينوس**، الذي لا نعرف له ترجمة لاتينية. فأحد الانتقادات التي يوجهها الرازي في هذا الكتاب إلى جالينوس تتعلق بتأثير الصفات الأولية في إطار المادة التي تدخل إلى المعدة، وهو موضوع عزيز للغاية على دو ڤيل نوف.

إن المقاومة التي أبديت إزاء كتاب *Canon* لم تلق نجاحاً حتى في مونپولييه. فالمنهج الدراسي العائد للعام ١٣٠٩م، والذي كان لأرنو دو ڤيل نوف تأثير في تحديده، وضع في البرنامج عدداً مهماً من المؤلفات الجالينوسية وترك الخيار ما بين ابن سينا والرازي. وفي العام ١٣٤٠م أصبحت المقالة الأولى من كتاب *Canon* إلزامية، في حين كانت أجزاء من

(٢٠) Arnaldus de Villanova, *Consideratione operis medicine* (Lyon: [n. pb.], 1504), folio 99.

(٢١) المصدر نفسه، الورقة ٥١.

المقالتين الثالثة والرابعة اختيارية. ولم يعد اسم الرازي يظهر بين الكتاب في البرنامج. لقد كانت الإمكانات التربوية لكتاب *Canon* مستثمرة كلياً، وفي الوقت نفسه كان هذا الكتاب يظهر في أغلبية الجامعات كمرجع في مواجهة تأكيدات **كتاب الكليات** لابن رشد.

ترجمات القرن الثالث عشر: من الفلسفة إلى البراغماتية

شهد النصف الثاني من القرن الثالث عشر دخول الأفكار الطبية لابن رشد (Averroès عند اللاتينيين)، بعد حوالى خمسين سنة من الصدمة التي أحدثتها فلسفته في الغرب. وفي العام ١٢٨٤م، في مونپولييه، ترجم أرمانغو بلاز (Armangaud Blaise)، وهو ابن أخت دو ڤيل نوف، شرح كتاب *Cantica* **أرجوزة في الطب** لابن سينا. وفي العام ١٢٨٥م، على أبعد تقدير، ترجم اليهودي بوناكوسا في مدينة پادو (Padoue) إلى اللغة اللاتينية **كتاب الكليات** الذي عرف بعنوان *Colliget*. وقد أثار هذا الكتاب العديد من المجادلات التي سمحت للأطباء الغربيين بتحديد مذهبهم.

إن الصعوبة الجوهرية تكمن في المجابهة بين الجالينوسية والأرسطية. لقد دعم كتاب *Colliget* مواقع مؤلف أرسطو *De animalibus*، الذي عرف في الغرب قبل العام ١٢٢٠م في صيغتة العربية - اللاتينية لميشال سكوت (Michel Scot)، ثم من خلال ترجمة غليوم دو موربك (Guillaume de Moerbeke) في سنة ١٢٦٠م من اللغة اليونانية مباشرة. إن إحدى نقاط ممارسة هذه المجابهة كانت المسألة التي أصبحت مشهورة عن لقاح المرأة ودوره خلال نشوء الجنين، وبالنسبة إلى أرسطو، يعطي الرجل بواسطة منيه الشكل إلى الجنين في حين أن المرأة لا تقدم سوى المادة من خلال الدم الحيضي. وهكذا، لا مكان لعنصر أنثوي فعال: فجنس الطفل وانتقال الخصائص المهيمنة في آن معاً يتعلقان بضعف أو قوة المني الذكري. أما بالنسبة إلى جالينوس - الذي انتقلت نظريته في بداية الأمر إلى الغرب من خلال مؤلف المجوسي - فإن المرأة تصدر لقاحاً يشارك بفعالية في توليد الجنين. إن كتاب *Colliget* (II) يبدي تأييده غير المشروط للتفسير الذي قدمه *De animalibus*، مستخدماً حججاً جديدة، منها على سبيل المثال، دور المبيضين المجهولين من قبل أرسطو، والذي قورن بدور الثديين الذكريين اللذين لا يملكان أية وظيفة. أما ابن رشد فهو، علاوة على ذلك، يرجع إلى تجربته الخاصة راوياً طرفة أثارت تهكم الأطباء الجالينوسيين: لقد أخصبت إحدى جاراته في حمام كان أحد الرجال قد بعثر فيه لقاحه. لا يمكن اعطاء دور للمرأة أكثر سلبية من هذا الدور. وإذا كان موقف ابن رشد قد اعتمد من قبل اللاهوتيين أمثال جيل دو روم (Gilles de Rome) (ت ١٣١٦م) إلا أنه لم يستطع أن يكون مقبولاً بأكمله من قبل الأطباء. وفي

---

(٢٢) Pierre d'Abano, *Conciliator* (Mantoue: [n. pb.], 1472).

العام ١٣١٠م وضع بيار دابانو (Pierre d'Abano) مؤلفه *Conciliator*[٢٢] المخصص للتوفيق بين الأطباء والفلاسفة، أي بين أرسطو وابن رشد من جهة، وبين جالينوس وابن سينا من جهة أخرى. وقد تمثلت تسويته بالنسبة إلى مسألة اللقاح الأنثوي في صيغة تقول إن المبيضين لا دور لهما إلا في انتاج «رطوبة تحث على الرغبة في استقبال اللقاح الذكري بالطريقة الأكثر ملاءمة» *(Diff. XXVII)*. وإذا كان كتاب *Colliget* قد أشار إلى عدم ملاءمة مصطلح المني للمادة الأنثوية، إلا أنه لم ينجح في فرض التفسير الأرسطي لدى الأطباء. إن نظرية اللقاح المزدوج فسرت بدقة أكبر الآليات الوراثية، وأفادت في الوقت نفسه في توضيح مختلف الافرازات الأنثوية، فغالباً ما كان يحصل عدم تمييز بين السيلان الأبيض والافراز المهبلي. وكان لا بد من انتظار القرن السادس عشر لكي يوضح غبريال فالوب (Gabriele Faloppe) دور المبيضين. وعلى الرغم من الاختلافات التفصيلية، حصل نوع من التوافق بين الأطباء في نهاية القرون الوسطى يعطي الأفضلية للتسوية التي وردت في كتاب *Canon* لابن سينا[٢٣]، التي تقول إن المني الذكري أكثر قدرة على إعطاء الشكل، والمني الأنثوي أكثر استعداداً لاستقباله.

وبصفته داعماً للأفكار الأرسطية، فقد ساهم كتاب *Colliget* أيضاً في وضع مسائل أساسية بشكل جديد. وهكذا، ابتداءً من السنوات الأخيرة في القرن الثالث عشر وصولاً إلى القرن السابع عشر، توزعت التحديدات المختلفة للحمى حول الموقفين المتباعدين لابن سينا وابن رشد. فقد كان الأطباء الغربيون يعرفون من قراءة كتاب *Canon* أن «الحمى حرارة غريبة تنشأ في القلب، وتنتقل بالنفوس والدم، وتنتشر من خلال الشرايين والأوردة في كل الجسم، فتصل إلى حرارة كافية لتحدث ضرراً بالوظائف الطبيعية»[٢٤]. كما أخذ بوجه خاص بافتراضين لابن رشد (*Colliget*, III, 4)، حيث يقول الأول: «إن الحمى هي حرارة طبيعية ممتزجة بخاصية معينة من الحرارة الفاسدة»، أما الثاني فيقول: «إنها حرارة تمسك بالجسم كله فتؤذي جميع أفعال وانفعالات الأعضاء». وقد أدت فرضية ابن رشد إلى تحليل تفصيلي لانتقال حرارة طبيعية إلى حرارة حمية. وعلى الرغم من الاختلافات العديدة تبعاً للكتاب في القرون الوسطى، فإن الحل الذي اقترحه كتاب *Colliget* قد بحث دون صعوبة، إذ انه فيما يتعلق بهذه النقطة يمكن التوفيق بينه وبين إشارة لجالينوس تقول: «إن الحمى تحدث بتحول للحرارة الطبيعية إلى نار محرقة» (شرح لمؤلفات أبقراط، *Aphorismes*, I).

لقد لعب كتاب *Colliget* أيضاً دوراً محرضاً بإعطائه من جديد حيوية لتعريف الطب

---

(٢٣) ابن سينا، **القانون في الطب**، III، ٢٠، ١، ٣.

(٢٤) المصدر نفسه، IV، ١، ١، ١.

كصنعة، إذ إن الأوضاع الخاصة بالنظرية والتطبيق، كما ظهرت في كتابي *Pantegni* للمجوسي و*Canon* لابن سينا، قد طرحت مجدداً للنقاش. ووفقاً لابن رشد *(Colliget,* 1,1)، إن الطب هو «صنعة عملية». وهو مرتكز على جزء تأملي هو العلم الطبيعي وعلى جزء آخر تطبيقي يشمل «الصنعة الاختبارية للأدوية» و «صنعة التشريح ». إن التطبيق يملك بعض الاستقلالية، إذ إنه لم يعد مجرد استنتاج من النظرية، فهو يغتني من التجربة ومن المهارة الشخصية. ولم يعتمد الكتاب الغربيون دائماً التعريف الإجمالي للطب كصنعة، لذلك أعادوا درس الوضع الملتبس للتطبيق. وقد جمع بيار دابانو (Pierre d'Abano) في كتابه *Conciliator*[٢٥] التحديدات التي أعطاها العرب وحاول إيجاد حد وسط. فأجرى تمييزاً ضمن التطبيق: هناك جزء يرتبط بالحالات العامة ويستطيع أن يكون موضوع تعميم، وهو يشكل علماً، والجزء الآخر ينطوي على معالجة هذه الحالة الخاصة أو تلك، وهو يتعلق بالتجربة ويشكل، إذن، صنعة (أو تقنية).

إن النقاش حول تحديد الطب الذي ورد في **كتاب الكليات** *(Colliget)* لقي الكثير من الصدى، الأمر الذي أدى في النصف الثاني من القرن الثالث عشر إلى بروز اهتمام جديد بالطريقة التي تسمح بتحليل الحالات الخاصة (Particularia)، أي الظروف التي لا تحصى والتي تحصل في الحياة اليومية. وقد قام تاديو ألديروتي (Taddeo Alderotti)، ربما بسبب تأثره بعادات رجال القانون في بولونيا، بتأمين النجاح لهذا الصنف من Consilia، أي أمثلة نماذج من العلاج مطبقة على حالات فعلية أو وهمية. وبشكل مواز، فقد كان البحث يتم من خلال أعمال عربية، مترجمة سابقاً أو حديثاً بالنسبة إلى ذلك الزمن، عن قواعد وإرشادات في الصنعة اليومية وعن علاقات لحالات مرضية. وحوالى العام ١٢٥٠م شرح معلم يدعى إيزيدور (Isodore)، وهو بلا شك إيطالي، نصاً مترجماً في القرن الثاني عشر وواسع الانتشار، هو *Aphorismi Iohannis Damasceni* (**نوادر الطب** لابن ماسويه). ومن بين العشرين مخطوطة التي تحفظ هذا الشرح، هناك بعض منها يتضمن أيضاً نسخاً لكتاب ابن رشد *Colliget*. ولم ينس ابن ماسويه في مؤلفه أن يذكر بالأساسين العقلاني والكتبي للطب، وقد أعطى صيغة ترددت بلا كلل في القرون الوسطى على الشكل التالي: «عندما يتفق جالينوس وأرسطو على شيء ما، فإن الأمر يكون كذلك؛ وعندما يختلفان يكون إدراك صحة هذا الشيء صعباً للغاية على النفوس (*Aphorismi* 8). إن شرح إيزودور يعطي ميزة أكبر لما ينتمي إلى التقليد الأبقراطي في النص العربي، مشدداً على مهارة الطبيب. طبعاً ينبغي على الطبيب الممارس معرفة جميع الحالات التي عرضها المؤلفون القدامى لكي لا تكون صنعته «كسيف في يدي مجنون ثائر»، إلا أنه يلزمه أيضاً أن يبرهن عن مهارة وخبرة في مقاربته للحالات الخاصة. وترجع هذه الصفات إلى المفهوم الأرسطي عن Prudentia، أي ميزة الحرفي.

(٢٥) Pierre d'Abano, *Conciliator*, III, 4.

إن الترجمات التي أعدت انطلاقاً من العربية في النصف الثاني من القرن الثالث عشر تستجيب لهذه الرغبة نفسها في توسيع حقل المعلومات حول المسائل الخاصة التي يطرحها التطبيق، سواء على مستوى التشخيص أو العلاج. فالترجمة اللاتينية لكتاب **سر صناعة الطب** للرازي *(De secretis in medicina)*، حيث الفصل الثالث مخصص لعلاقة حالات تصادف خلال الممارسة، قد أثرت على الارجح على أرنو دو ڤيل نوف عندما وضع مؤلفه *Experimenta*(٢٦). وفي العام ١٢٨٢م نقل المترجم اليهودي الصقلي فرج بن سليم إلى الغرب **كتاب الحاوي** الضخم تحت عنوان *Continens*، حيث جمع فيه، بطريقة غير منظمة، الملاحظات السريرية، وتفسيرات ووصفات الأقدمين، وكذلك تلك التي تعود للرازي نفسه. وقبل ذلك التاريخ بسنة ترجم **كتاب التيسير** *(Theisir)* لابن زهر (Avenzoar)، وفيه يزين معلم ابن رشد عرضه بإسنادات إلى تجربته الشخصية. ومن المؤكد أن اختيار هذه الأعمال لترجمتها عوضاً عن غيرها يستجيب للاهتمام المتزايد نحو وقائع التطبيق. وفي هذا الإطار نفسه، لم يقم الأطباء فقط بكتابة «نصائح» تسرد، وفقاً للعبارة التي استخدمها أوغو بنزي في القرن الخامس عشر، **العلاجات المجربة في حالات عديدة**(٢٧)، بل أدخلوا أيضاً ضمن أعمالهم الأكثر مدرسية روايات مأخوذة من ممارستهم. إن هذا الإدراج للوقائع قد توسع في نهاية القرون الوسطى في الأعمال الطبية التي تضمنت أيضاً ملاحظات تشريحية سجلت خلال عمليات التشريح.

في القرنين الأخيرين من العصر الوسيط لم يعد التأثير العربي يتجلى من خلال ترجمات لنصوص جديدة. ففي تلك المرحلة اختلطت الإسهامات المتعاقبة، وكان كل مؤلف يستمد من الأعمال اليونانية ـ اللاتينية والعربية ـ اللاتينية الأشياء التي تقدم له المعلومات بشكل أفضل وتدعم الموضوع الذي يدافع عنه. وفي القرن الخامس عشر كشف شارح كتاب *Canon* لابن سينا الباريسي جاك ديپار (Jacques Despars) (ت ١٤٥٨م) طريقته في العمل. لقد اقترح، لفهم وإغناء نص ابن سينا، عدم الاستشهاد بالمؤلفين اللاتينيين وأعلن الاستناد إلى «مشاهير اليونانيين أمثال أبقراط وأرسطو وجالينوس واسكندر الترالي، وكذلك إلى العرب الأكثر شهرة، أي ابن زهر والرازي وابن سرابيون وابن ماسويه وابن رشد»(٢٨). إن الأوصاف التي أعطاها لبعض الكتاب العرب تميل إلى تمييز اسهامهم العلمي في القرون الوسطى. فالرازي هو «المختبر الأرفع»، «الطبيب الأكبر والأكثر خبرة بعد ابقراط وجالينوس». أما Mésué الذي يعني في هذه الحالة ابن ماسويه المزعوم، وهو مؤلف كتب

---

(٢٦) McVaugh, *Arnaldi de Villanova Aphorismi de gradibus.*

(٢٧) انظر: Dean Putnam Lockwood, *Ugo Benzi, Medieval Philosopher and Physician, 1376-1439* (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1951), p. 289.

(٢٨) Avicenna, *Canon Medicine. Liber I,* translated into latin by Gerardus Cremonensis with commentary by Jacques Despars; preface by Janus Lascaris; edited by Jacques Ponceau (Lyons: Begun by Jean Trechsel, completed by Johann Klein, 1498).

في تحضير الأدوية، فقد سماه جاك ديبار «خبيرنا»، «مبشرنا»، «الأعلم من الجميع في وصف الأدوية بوضوح». أما فيما يتعلق بـ «ابن رشد الطيب»، الموصوف بـ «العصا القاتلة» فقد افترض جاك ديبار أنه أفسد جميع الأطباء.

في نهاية الموجات المتعاقبة من الترجمة، أصبح المعجم الطبي دقيقاً أكثر وأكثر، لكنه كان يتضمن عدداً لا يحصى من الكلمات الآتية من اليونانية والعربية. وكان بعضها يملك استخداماً مزدوجاً. ومن هذه المرادفات «Synonyma» أو «Clavis sanationis»(٢٩) وضع سيمون الجنوي (Simon de Gênes)، في نهاية القرن الثالث عشر، نوعاً من المعجم المخصص بشكل أساسي لمادة الطب. ومن خلال تعريفات هذه المرادفات (Synonyma)، باستطاعتنا أن نقدر إلى أي مدى أدى جهل المترجم أو خطأ الناسخ إلى نشوء فروق تصورية ازدادت حدة على مر الزمن. إن ما آلت إليه كلمة «Phrenitis» يقدم مثالاً موضحاً للغاية. بعد أن اصبحت هذه الكلمة في العربية فرانيتس، ثم قرانيتس، انتقلت إلى اللاتينية تحت شكل Karabitus الذي أعطاها إياه جيرار دو كريمون. ووفقاً لسيمون الجنوي (Simon de Gênes) تعني Karabitus «دملاً حاراً في غشاء الدماغ»، في حين أن «Frenesis» التي دخلت الى اللاتينية منذ العصور القديمة انطلاقاً من كلمة «Phrenitis» فإنها تشير إلى الجنون الهائج وهو العارض الأساسي للمرض. ومع أن الكلمتين مشتقتان من التصور نفسه، فإن كلمة «Frenesis» ترجع إلى الوصف القديم لمرض عقلي يمكن أن يكون موضعه الحجاب(٣٠)، في حين أن كلمة «Karabitus» ترجع إلى تفسير ابن سينا الذي يحدد مصدر

---

(٢٩) Simon de Gênes, *Synonyma/Clavis sanationis* (Milan: [s. n.], 1473).

(٣٠) العضلة التي تفصل التجويف البطني والصدر.

ينحصر هذا الفهرس بمنشورات ظهرت منذ حوالى ثلاثين سنة وهي تقدم بالإضافة إلى عرض لحال المسألة، استعادة للأعمال السابقة. اتجاهات عامة، انظر:

Marie-Thérèse d'Alverny, «Translations and Translators,» in: Robert L. Benson and Giles Constable, eds., *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century* (Oxford: Clarendon Press, 1982), pp. 421 - 462; Guy Beaujouan, «La Science dans l'occident médiéval chrétien,» dans: René Taton, ed., *Histoire générale des sciences,* 3 vols. (Paris: Presses universitaires de France, 1966), vol. 1, pp. 582 - 652; Edward Grant, ed., *A Source Book in Medieval Science,* Source Books in the History of the Sciences (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974), pp. 35-38 and 700-808; Danielle Jacquart, «Principles étapes dans la transmission des textes de médecine (XI^{e}-XIV^{e} siècle),» dans: *Rencontres de cultures dans la philosophie médiévale, traductions et traducteurs de l'antiquité tardive au XIV^{e} siècle* (Louvain-la-Neuve-Cassino: Brepols, 1990), pp. 251-271; Danielle Jacquart et Françoise Micheau, *La Médecine arabe et l'occident médiéval* (Paris: Maisonneuve et Larose, 1990); Danielle Jacquart et G. Troupeau, «Traduction de l'arabe et vocabulaire médical latin, quelques exemples,» dans: *La Lexicographie du latin médiéval et ses rapports avec les recherches actuelles sur la civilisation du moyen âge* (Paris: Editions du C.N.R.S., 1981), pp.367-376; David C. Lindberg, ed., *Science in the Middle Ages* (Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1978), pp.52-90, 120-144 and 391-428; Heinrich Schipperges, *Die Assimilation der Arabischen Medizin durch das Lateinische Mittelalter,* Sudhoffs Archiv; 3 (Wiesbaden: Franz = Steiner, 1964); Fuat Sezgin, *Geschichte des Arabischen Schrifttums,* 8 vols. (Leiden: E. J. Brill,

«الجنون» في الدماغ. وعندما أراد علماء الآداب في عصر النهضة استبعاد المصطلحات

1967 - 1982), vol. 3: *Medizin;* Lynn Thorndike and Pearl Kibre, eds., *A Catalogue of Incipits of= Mediaeval Scientific Writings in Latin,* Medieval Academy of America; Publication no. 29, 2nd ed. (London: Medieval Academy of America, 1963); Manfred Ullmann, *Die Medizin im Islam,* Handbuch der Orientalistik. 1. Abt. Der Nahe und der Mettlere Osten. Ergänzungsband 6. Abschnitt 1 (Leiden: E. J. Brill, 1970), and Juan Vernet, *Ce que la culture doit aux arabes d'Espagne,* Traduit de l'espagnol par Gabriel Martinez Gros, la bibliothèque arabe, collection l'histoire décolonisée (Paris: Sindbad, 1985), pp. 95 - 115 and 175 - 179.

حول قسطنطين الأفريقي وتأثيره في القرن الثاني عشر، انظر:

Gerhard Baader: «Early Medieval Latin Adaptations of Byzantine Medicine in Western Europe,» *Dumbarton Oaks Papers,* vol. 38 (1984), pp.251-259, and «Zur Terminologie des Constantinus Africanus,» *Medizinhistorisches Journal,* Bd.2 (1967), pp.36-53; Guy Beaujouan, «The Transformation of the *Quadrivium,»* in: Benson and Constable, eds., *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century,* pp.463-487; A. Beccaria, «Sulle tracce di un antico canone latino di Ippocrate e di Galeno,» III, *Italia medioevale e umanistica,* vol. 14 (1971), pp.1-23; H. Bloch, *Monte Cassino in the Middle Ages* (Roma: Edizioni di Storia e Letteratura, 1986), vol. 1, pp. 93-110 and 127-134; Karl Imanuel Burkhard, *Nemesii episcopi Premnon physicon... liber a N. Alfano, archiepiscopo Salerni in latinum translatus* (Leipzig: Teubner, 1917); C. S. F. Burnett, «The Contents and Affiliation of the Scientific Manuscripts Written at, or Brought to, Chartres in the Time of John of Salisbury,» *The World of John of Salisbury, Studies in Church History, Subsidia,* vol.3 (1985), pp.127-160; George Washington Corner, *Anatomical Texts of the Earlier Middle Ages,* a study in the transmission of culture, with a revised latin text of Anatomia Cophonis and translations of four texts, Carnegie Institution of Washington; Publication no. 364 (Washington: Carnegie Institution of Washington, 1927); R. Creutz, «Die Medizinisch - naturphilosophischen Aphorismen und Kommentare des Magister Urso Salernitanus,» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin,* Bd. 5, no. 1 (1936); P. Dronke, «New Approaches to the School of Chartres,» *Anuario de estudios medievales,* vol. 6 (1969), pp.128-131; D. Elford, «William of Conches,» in: P. Dronke, ed., *A History of Twelfth - Century Western Philosophy* (Cambridge: Cambridge University Press, 1988); K. Garbers, *Isḥāq Ibn 'Imrān, Maqāla fī al-Mālīkhūliyā und Constantini Africani libri duo de Melancholia* (Hambourg: Helmut Buske, 1977); D. Goltz, *Mittelalterliche Pharmazie und Medizin, Dargestellt an Geschichte und Inhalt des «Antidotarium Nicolai», mit einem Nachdruck der Druckfassung von 1471* (Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1976); Monica H. Green: «The *De genecia* Attributed to Constantine the African,» *Speculum,* vol. 62, no. 2 (April 1987), pp. 299 - 323, and «Constantinus Africanus and the Conflict between Religion and Science,» in: G. R. Dunstan, ed., *The Human Embryo* (Exeter: University of Exeter Press, 1990), pp. 47-69; E. Ruth Harvey, *The Inward Wits: Psychological Theory in the Middle Ages and Renaissance,* Warburg Institute Survey; 6 (London: Warburg Institute, 1975); Danielle Jacquart: «A l'aube de la renaissance médicale des XIe - XIIe siècles: L'*Isagoge Johannitii* et son traducteur,» *Bibliothèque de l'école des chartes,* vol. 144 (1986), pp. 209-240, et «Aristotelian Thought in Salerno,» in: Dronke, ed., *A History of Twelfth - Century Western Philosophy,* pp. 407-428; Jeauneau, *Guillaume de Conches: Glosæ super Platonem;* M.D. Jourdan: «The Construction of a Philosophical Medicine: Exegesis and = Argument Kin Salernitan Teaching on the Soul,» *Osiris,* 2nd series, no.6 (1990), pp. 42-61, and

العربية من المعجم الطبي، فإنهم في الوقت نفسه محوا تماماً المصطلحات الدقيقة التي كانت

«Medicine as Science in the Early Commentaries on Johannitius,» *Traditio*, vol.43 (1987), pp. 121-145; Paul Oscar Kristeller, *Studi sulla Scuola Medica Salernitana* (Napoli: Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, 1986); J. D. Latham and H. D. Isaacs, *Isaac Judaeus: On Fevers (the Third Discourse: On Consumption), Together with an Appendice Containing a Facsimile of the Latin Version of this Discourse (Venice, 1576)*, Arabic Technical and Scientific Texts; 8 (Cambridge: Pembroke College, 1981); Michael R. McVaugh, «Constantine the African,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, 18 vols. (New York: Scribner, 1970-1990), vol.3, pp. 393-395; G. Maurach, «Johannicius, Isagoge ad Techne Galieni,» *Sudhoffs Archiv*, Bd. 62 (1978), pp. 148-174; E. Montero Cartelle: *Constantini liber de coitu, estudio y edicion critica* (Saint - Jacques - de - Compostelle: Université de Saint-Jacques - de - Compostelle, 1983), et «Encuentro de culturas en Salerno: Constantino el Africano, traductor,» dans: *Rencontres de cultures dans la philosophie médiévale, traductions et traducteurs de l'antiquité tardive au XIV^e siècle*, pp. 65 - 88; Salvatore de Renzi, *Collectio Salernitana*, 5 vols. (Napoli: Tipografia del Filiatre - Sebezio, 1852 - 1859); M. H. Saffron, «Salernitan Anatomists,» in: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 12, pp. 80 - 83; Heinrich Schipperges, «Die Schulen von Chartes unter dem Einfluss des Arabismus,» *Sudhoffs Archiv*, Bd. 40 (1956), pp. 193 - 219; W. Stürner, *Urso von Salerno, De Commixtionibus Elementorum Libellus* (Stuttgart: E. Klett, 1976); K. Sudhoff, «Die Vierte Salernitaner Anatomie,» *Archiv für Geschichte der Medizin*, Bd. 20 (1928), pp. 33 - 50; Mary Francis Wack, «The *Liber de heros morbo* of Johannes Afflacius and Its Implications for Medieval Love Conventions,» *Speculum*, vol. 62, no. 2 (April 1987), pp. 324 - 344, and H. Wölfel, *Das Arzneidrogenbuch* Circa Instans (Berlin: [n. pb.], 1939).

حول تأثير الطب العربي من القرن الثالث عشر إلى السادس عشر، انظر:

Guy Beaujouan, «Fautes et obscurités dans les traductions médicales du moyen âge,» *Actes du XII^e congrès international d'histoire des sciences, Revue de synthèse*, vols. 49 - 52 (1968), pp. 145 - 152; W. F. Bynum and Vivian Nutton, eds., *Theories of Fever from Antiquity to the Enlightenment* (London: Wellcome Institute, 1981); Alistair Cameron Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100 - 1700* (Oxford: Clarendon Press, 1953); Dales, ed., *Roberti Grosseteste episcopi lincolniensis commentarius in VIII libros Physicorum Aristotelis*, pp. xxi, 128 and 130; L. E. Demaitre, *Doctor Bernard de Gordon: Professor and Practitioner* (Toronto: Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980); J. M. Dureau-Lapeyssonie, «L'Œuvre d'Antoine Ricart, médecin catalan du XV^e siècle,» dans: Beaujouan, [et al.], *Médecine humaine et vétérinaire à la fin du moyen âge*, pp. 175 - 304; M. Engeser, *Der Liber Servitoris des Abulkasis (936 - 1013), Überstzung, Kommentar und Nachdruck der Textfassung von 1471* (Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, 1986); K. D. Fischer and Ursula Weisser, «Das Vorwort zur Lateinischen Übersetzung von Rhazes *Liber continens* (1282),» *Medizinhistorisches Journal*, vol. 21 (1986), pp. 211 - 241; Luis Garcia Ballester, «Arnaud de Vilanova (c. 1240 - 1311) y la reforma de los estudios medicos en Montpellier (1309),» *Dynamis*, vol. 2 (1982), pp. 97 - 158; Luis García Ballester et E. Sanchez Salor, *Arnaldi de Villanova commentum supra tractatum galieni de malicia* =*Complexionis diverse* (Barcelona: University of Barcelona, 1985); M. Anthony Hewson, *Giles of*

تعكس التطور التاريخي للمفاهيم.



كان الإسهام العربي في الطب في القرون الوسطى اللاتينية متعدد الأشكال وأحياناً

Rome and the Medieval Theory of Conception: A Study of the De Formatione Corporis Humani in Utero, University of London Historical Studies; 38 (London: Athlone Press, 1975); A. Z. Iskandar, «Ibn al - Nafis,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 9, pp. 602 - 606; Danielle Jacquart: «La Réception du *Canon* d'Avicenne: Comparaison entre Montpellier et Paris aux XIII[e] et XIV[e] siècles,» papier présenté à: *Actes du 110[e] congrès national des sociétés savantes, section d'histoire des sciences, II* (Paris: C. T. H. S., 1985), pp. 69 - 77; «Le Regard d'un médecin sur son temps: Jacques Despars (1380 - 1458?),» *bibliothèque de l'école des chartes,* vol.138 (1980), pp. 35-86, et «Arabisants du moyen âge et de la renaissance: Jérôme Ramusio correcteur de Gérard de Crémone,» *Bibliothèque de l'école des chartes,* vol. 147 (1989), pp. 399 - 415; Danielle Jacquart et G. Troupeau, *Yuhannā Ibn Māsawayh: Le Livre des axiomes médicaux, édition du texte arabe et des versions latines avec traduction française et lexique* (Genève: Droz, 1980); Avicenna, *Poème de la médecine,* texte arabe, traduction française, traduction latine du XIII[e] siècle avec introduction, notes et index par Henri Jahier et Abdel Kader Noureddine, collection arabe pub. sous le patronage de l'Association Guillaume Budé (Paris: Les Belles lettres, 1956); R. Lemay, «Gerard of Cremona,» in: *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 15, pp. 173 - 192; Little and Withington, *Opera hactenus inedita Rogeri Baconi, IX, Antidotarium, De erroribus medicorum, De graduatione medicinarum;* Lockwood, *Ugo Benzi, medieval philosopher and Physician, 1376 - 1439;* Francesca Lucchetta, *Il medico e filosofo Bellunese Andrea Alpago (- 1522), traduttore di Avicenna; Profilo biografico,* contributi alla storia dell' Universitã di Padova; 2 (Padova: Editrice Antenore, 1964); Michael R. McVaugh: «The *Experimenta* of Arnald of Villanova,» *Journal of Medieval and Renaissance Studies,* vol. 1 (1971), pp. 107 - 118, and *Arnaldi de Villanova Aphorismi de gradibus;* J. T. Muckle, «Isaac Israeli Liber de Definicionibus,» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge,* vols. 12 - 13 (1937 - 1938), pp. 299 - 340; P. G. Ottosson, *Scholastic Medicine and Philosophy* (Napoli: Bibliopolis, 1984); Julius Leopold Pagel, *Die Areolæ des Johannes de Sancto Amando* (Berlin: G. Reimer, 1893); Pierre Pansier, *Collectio ophtalmologica veterum auctorum,* 2 vols. in 1 (Paris: J. B. Baillière et fils, 1903 - 1933); Joseph Schacht, «Ibn al-Nafis, Servetus and Columbus,» *al - Andalus,* vol. 22 (1957), pp. 317 - 335; E. Seidler, *Die Heilkunde des Ausgehenden Mittelalters in Paris,* Sudhoffs Archiv; 8 (Wiesbaden: Franz Steiner,1967); Nancy G. Siraisi: *Taddeo Alderotti and His Pupils* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1981), and *Avicenna in Renaissance Italy: The Canon and Medical Teaching in Italian Universities after 1500* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1987), and K. Sudhoff, [édition de traités sur la peste], *Archiv für Geschichte der Medizin,* Bd. 2 - 17 (1909 - 1925).

متناقضاً، وقد تحدد موقعه، في قسمه الأكبر، في سياق مجابهة مع تعليم جالينوس. وكلما تعرّف الكتاب الغربيون على المعلم اليوناني بشكل أفضل، ازداد تسلحهم للحكم على أصالة الأطباء العرب. بعد القرون الوسطى، لعب تأثير عالم دمشقي من القرن الثالث عشر دوراً في إعادة طرح عنصر مهم من الجالينوسية للنقاش. فقد سجلت نقاط مشتركة في وصف الدورة الدموية الرئوية ـ المسماة الدورة الصغرى ـ بين شرح ابن النفيس لكتاب **القانون** لابن سينا والمراقبات التي قام بها في منتصف القرن السادس عشر ميشال سيرڤيه (Michel Servet) وريالدو كولومبو (Realdo Colombo) وجان دو ڤالڤيرد (Jean de Valverde). وعلى الرغم من أن هذا التأثير يبدو مؤكداً، إلا أن مسار فعله يبقى معروفاً بشكل سيىء. ومع أنه تأكد أن مخطوطة عربية لمؤلف ابن النفيس كانت ملكاً لاحدى العائلات في البندقية حوالى العام ١٧٠٠، لكن القسم من الترجمة اللاتينية التي وضعها أندريا ألپاغو (Andrea Alpago) (ت ١٢٢٢م) لشرح ابن النفيس لكتاب **القانون** لابن سينا، والذي نشر في البندقية سنة ١٥٤٧م، لا يتطرق إلى علم التشريح. لذلك يجب أن نفترض إما أن هناك مخطوطات كانت متداولة في ذلك الوقت وهي مفقودة حالياً، وإما أنه حصل نقل شفهي، وهذا مرجح أكثر. وفي الواقع، يبدو من الصعب أن نتصور أن أندريا ألپاغو، الذي تابع في دمشق تعليم ابن المكي والذي باشر بترجمة عمل ابن النفيس، لم يكن مطلعاً على هذه النظرية الجديدة عن الدورة الدموية الرئوية. فقد استطاع ألپاغو نفسه، وكذلك ابن أخيه من بعد موته، نشرها في الأوساط الطبية لمدينتي پادو والبندقية. وهناك برهان عن معرفة ألپاغو لهذه النظرية من خلال استطراد في النص متعلق بالنبض الذي يضعه ألپاغو ضمن القسم المترجم لشرح ابن النفيس. فهو يعرض فيه بعض الملاحظات عن النظرية الجالينوسية المتعلقة بحركة القلب وبنظام الشرايين، كما يعرض أيضاً عناصر من نقد ابن النفيس.

جدول الترجمات الرئيسة لأعمال طبية عربية باللغة اللاتينية(*)

إن هذا الجدول لا يدعي العرض الاستفادي لترجمات أعمال طبية عربية إلى اللغة اللاتينية، بل هو يعرض فقط تلك التي كان لها الوقع الأقوى. بالنسبة إلى المؤلفات العربية الأصلية، تم الرجوع إلى أعمال فؤاد سزجين (Fuat Sezgin) (S) ومانفريد أولمان (Manfred Ullmann) (U). أما بالنسبة إلى الترجمات اللاتينية، فقد تمت العودة إما إلى نشرة حديثة، وإما إلى إحدى أكثر النشرات قدماً في عصر النهضة، وإما إلى فهرس Lynn Thorndike و Pearl Kibre (TK).

الترجمات	الأعمال في اللغة العربية	المترجمون
IOHANNITIUS *Isagoge ad Tegni Galeni* (éd. G. Maurach, 1978)	حنين بن اسحق وحبيش **مسائل في الطب** (S، ص ٢٤٩ ـ ٢٥٠)	قسطنطين الأفريقي؟ مجهول. ايطاليا الجنوبية. القرن الحادي عشر CONSTANTIN L'AFRICAIN? Anonyme. Italie du Sud. XI^{e} s.
ISAAC ISRAELI *Liber de febribus* (éd. Lyon, 1515) *Liber de dietis universalibus et particularibus* (éd. Lyon, 1515) *Liber de urinis* (éd. Lyon, 1515 et J. Peine, 1919)	اسحق بن سليمان الإسرائيلي **كتاب الحميات** (S، ص ٢٩٦) **كتاب الأغذية** (S، ص ٢٩٦) **كتاب البول** (S، ص ٢٩٦ ـ ٢٩٧)	قسطنطين الأفريقي إيطاليا الجنوبية. القرن الحادي عشر CONSTANTIN L'AFRICAIN Italie du Sud. XI^{e} x.
CONSTANTINUS AFRICANUS *Liber de oculis* (éd. Lyon, 1515 et P. Pansier, fasc. 7, 1909-1933)	حنين بن اسحق **تركيب العين** (S، ص ٢٥١)	

يتبع

CONSTANTINUS AFRICANUS *Pantegni* (éd. Lyon, 1515)	علي بن العباس المجوسي **كامل الصناعة الطبية** (S، ص ٣٢١)	
CONSTANTINUS AFRICANUS, RUFUS *De melancolia* (éd. K. Garbers, 1977)	اسحق بن عمران **المقالة في الماليخوليا** (S، ص ٢٦٦)	
CONSTANTINUS AFRICANUS *Viaticum* (éd. Lyon, 1515) *De gradibus* (éd. Lyon, 1515) CONSTANTINUS AFRICANUS *Liber de stomacho* (éd. Lyon, 1515) *De elephantiasi* (éd. Lyon, 1515) *De coitu* (éd. E. Montero Cartelle, 1983) *De oblivione* (éd. Lyon, 1515)	ابن الجزار **زاد المسافر وقوت الحاضر** (S، ص ٣٠٥) **كتاب اعتماد الأدوية المفردة** (S، ص ٣٠٤) ابن الجزار؟ **كتاب المعدة** (S، ص ٣٠٦) **كتاب الجذام** (S، ص ٣٠٧) **زاد المسافر**، VI (S، ص ٣٠٥ ـ ٣٠٦) [مؤلف إلى سلطان في النسيان] (S، ص ٣٠٦)	
IOHANNIS DAMASCENI *Aphorismi* (éd. D. Jacquart et G. Troupeau, 1980)	يوحنا بن ماسويه **نوادر الطب** (S، ص ٢٣٣)	مجهول، إيطاليا القرنان الحادي عشر ـ الثاني عشر

HALY ABBAS *Regalis dispositio* (éd. Lyon, 1923)	علي بن العباس المجوسي **كامل الصناعة الطبية** (S، ص ٣٢١)	إتيان البيزي أنطاكية، القرن الثاني عشر ETIENNE DE PISE
COSTA BEN LUCA, CONSTABULUS *De differentia spiritus et anime* (éd. C. S. Barach, 1878)	قسطا بن لوقا **رسالة في الفصل بين الروح والنفس** (U، ص ٣٢١)	يوحنا الاشبيلي اسبانيا، القرن الثاني عشر JEAN DE SÉVILLE
De physicis ligaturis (éd. Lyon, 1504)	؟ (U، ص ١٢٧)	القرن الثاني عشر؟ ترجمة نسبت خطأ إلى أرنو دو فيل نوف ARNAUD DE VILLE NEUVE
HALY RODOHAN *Expositio ad Tegni Galeni* (éd. Venise, 1496)	علي بن رضوان **الصناعة الصغيرة** (S، ص ٨١)	جيرار دو كريمون طليطلة، القرن الثاني عشر GÉRARD DE CRÉMONE Tolède, XII[e] s.
SERAPIO *Practica, Breviarium medicine* (éd. Venise, 1479)	يوحنا بن سرابيون **الكُنّاش الصغير** (S، ص ٢٤١)	

تابع

IACOB ALKINDI De gradibus (éd. M.R. McVaugh, 1975)	الكندي **رسالة في معرفة قوى الأدوية المركبة** (S، ص ٢٤٥)	
RASIS *Liber ad Almansorem* (éd. Milan, 1481) *Liber divisionum* (éd. Milan, 1481) *Introductio in medicinam* (éd. Venise, 1497) *De egritudinibus iuncturarum* (éd. Milan, 1481) *Antidotarium* (éd. Venise, 1497) *Practica puerorum* (éd. Milan, 1481)	الرازي **الكتاب المنصوري في الطب** (S، ص ٢٨١) **تقسيم العلل** (S، ص ٢٨٤) **كتاب المدخل إلى الطب** (S، ص ٢٨٤) **أوجاع المفاصل** (S، ص ٢٨٨) **كتاب الأقراباذين** (S، ص ٢٨٣) ؟	
ISAAC ISRAELI *De elementis* (éd. Lyon, 1515) *De definitionibus* (éd J. T. Muckle, 1937 - 1938)	اسحق بن سليمان الإسرائيلي **كتاب الحدود والرسوم** (U، ص ١٣٨) **كتاب الاسطقصات**	
ALBUCASIS *Chirurgia* (Venise, 1497)	أبو القاسم الزهراوي **التصريف لمن عجز عن التصنيف** (S، ص ٣٢٤)	

يتبع

تابع

AVICENNA *Liber Canonis* (éd. Milan, 1472)	ابن سينا **كتاب القانون** (U)، ص ١٥٢ ـ ١٥٤	
ABENGUEFIT *Liber de medicamentis simplicibus* (éd. Strasbourg, 1531)	ابن وافد **كتاب الأدوية المفردة** (U)، ص ٢٧٣	
IOHANNITIUS *Liber isagogarum* (MS. Vatican, Pal. lat. 1098?)	حنين بن إسحق **مسائل في الطب** (S)، ص ٢٤٩ ـ ٢٥٠	مارك الطليطلي طليطلة، القرن الثاني عشر MARC DE TOLÈDE
MESUE *De consolatione medicinarum simplicium, Antidotarium, Grabadin* (éd. Venise, 1471)	يوحنا بن ماسويه المزعوم ?	مجهول القرن الثاني عشر أو الثالث عشر
RASIS *De secretis medicine, Aphorismi Rasis* (éd. Milan, 1481)	الرازي **مقالة في سر صناعة الطب** (S)، ص ٢٨٦	جيل دو سانتاريم البرتغال، القرن الثالث عشر GILLES DE SANTAREM

يتبع

تابع

De secretis medicine, VI (éd. D. Jacquart et G. Troupeau, 1980)	يوحنا بن ماسويه **نوادر الطب** (S)، ص ٢٣٣	
HUNEN *Liber questionum medicinalium discentium in medicina* (TK, 716)	حنين بن اسحق **مسائل في الطب** (S)، ص ٢٤٩ ـ ٢٥٠	روفن الإسكندري مرسي، القرن الثالث عشر RUFIN D'ALEXANDRIE Murcie, XIIIs.
JESU HALY *Epistola de cognitione infirmitatum oculorum* (éd. P. Pansier, fasc. 3, 1903)	علي بن عيسى **كتاب تذكرة الكحالين** (U)، ص ٢٠٨	دومينيكوس ماروشينوس مرسي، القرن الثالث عشر DOMINICUS MARROCHINUS Murcie, XIIIs.
AVERROES *Colliget* (éd. Venise, 1490)	ابن رشد **كتاب الكليات** (U)، ص ١٦٦	بوناكوسا پادو، القرن الثالث عشر (١٢٥٥؟ ـ ١٢٨٥؟) BONACOSA Padoue, XIIIs.
AVICENNA *De viribus cordis* (éd. Venise, 1489)	ابن سينا **مقالة في أحكام الأدوية القلبية** (U)، ص ١٥٥	أرنو دو ڤيل نوف مونپولييه، القرن الثالث عشر ARNAUD DE VILLE NEUVE Montpellier, XIIIs.

يتبع

تابع

ALBUZALI *De medicinis simplicibus* (TK, 801)	أبو الصلت كتاب الأدوية المفردة (U، ص ٢٧٦)	
AVENZOAR *De regimine sanitatis* (TK, 187)	ابن زهر كتاب الأغذية (U، ص ٢٠١)	بروفاتيوس وبرناردوس هونوفريدي مونپولييه، القرن الثالث عشر PROFATIUS et BERNARDUS HONOFREDI Montpellier, XIIIs.
AVICENNA - AVERROES *Cantica cum commento* (éd. H. Jahier et A. Noureddine, 1956; Venise, 1523)	ابن سينا ـ ابن رشد الأرجوزة في الطب (U، ص ١٥٥ ـ ١٦٧)	أرمانغو بلاز مونپولييه، القرن الثالث عشر ARMENGAUD BLAISE Montpellier, XIIIs.
AVENZOAR *Theisir*, trad. faite d'après l'hébreu (éd. Venise, 1490)	ابن زهر كتاب التيسير (U، ص ١٦٣)	جان دو كاپو؟ وجاكوب پادو، القرن الثالث عشر JEAN DE ÇAPOUE? et Jacob Padoue, XIIIs.
RASIS *Continens* (éd. Brescia, 1486)	الرازي الحاوي (S، ص ٢٧٨ ـ ٢٨٠)	فرج بن سالم صقلية، القرن الثالث عشر FARAJ BEN SALEM Sicile, XIIIs.

تابع

IBN BOTLAN, ELLUCHASEM ELI-MITHAR *Tacuinum sanitatis* (éd. Strasbourg, 1531)	ابن بطلان كتاب تقويم الصحة (U، ص ١٥٧)	صقلية، القرن الثالث عشر Sicile, XIIIs.
SERAPIO *Liber de simplicibus medicinis* (éd. Venise, 1479)	ابن سرابيون المزعوم ؟ (U، ص ٢٨٣ ـ ٢٨٤)	سيمون دو جان أبراهام تورتوينسيس إيطاليا القرن الثالث عشر SIMON DE GÊNES ABRAHAM TORTUENSIS Italie, XIIIs.
ALBUCASIS *Liber servitoris* (éd. Venise, 1471, rep. dans M. Engeser)	الزهراوي التصريف لمن عجز عن التصنيف (S، ص ٣٢٤) ٢٨	
ALCOATI *Congregatio sive liber de oculis* (éd. P. Pansier, fasc. 2, 1903) *Liber de la figura del uyl*, version catalane (éd. L. Deztany et J. M. Simon de Guilleuma, 1933)	؟ (U، ص ٢١١، ٢١٢، ٣٤٨)	؟ جان جاكم ليريدا؟ القرن الرابع عشر JEAN JACME Lérida?, XIVs.

ـ ٢٩ ـ

المؤسسات العلمية في الشرق الأدنى في القرون الوسطى

فرانسواز ميشو(*)

يرتبط تاريخ المؤسسات العلمية في الشرق الأدنى في القرون الوسطى، كالمكتبات التي كانت تحتوي على المجموعات الغنية، والمستشفيات التي كانت تستخدم عدداً كبيراً من أهل الاختصاص، والمراصد التي كانت تسمح بتحقيق أعمال فلكية بارزة، ارتباطاً وثيقاً بسيرة الحكام الذين أنشأوها وبالعلماء الذين أحيوها، وذلك لأن الحياة الفكرية تتعلق، مباشرة أو غير مباشرة، بإرادة الخليفة الطيبة، فهي تستمد منه الدعم المعنوي والمادي الضروري. فلم يكن يتم تأسيس مكتبة، أو إنشاء مستشفى، أو مشروع ترجمة، دون الحصول على دعم مالي من وزير أو واحد من الأعيان أو متنفذ في البلاط أو قائد عسكري، كان باستطاعته تقديم الموارد الضرورية بعد الحصول على موافقة الخليفة وتشجيعه، إلا إذا أراد منافسته. وبكلمة واحدة، كانت المؤسسة العلمية الوحيدة في العالم العربي في القرون الوسطى هي رعاية العلوم والآداب.

لم يكن نشاط رجال العلم والمؤسسات التابعة لهم متواصلاً ومنتظماً في الزمان والمكان، بل إنه تركز في بعض الأماكن: في بغداد تحت سلطة الخليفتين العباسيين هارون الرشيد والمأمون، وفي العواصم الكبرى البويهية في القرن الرابع للهجرة/العاشر للميلاد ـ كالري وأصفهان وشيراز وبغداد ـ وفي مصر في العصر الفاطمي، وفي سوريا في زمن الأمراء الأيوبيين. . . الخ. ولكن لا بد من الحذر عند دراستنا أسباب الحركة العلمية، فهي لا تتلخص بولع مفاجىء لبعض الخلفاء أو الوزراء بسبب دوافع غامضة نوعاً ما؛ لكنها تندرج في منحى سياسي لحكام يبغون تدعيم سمعة نظامهم والاستفادة من خدمات العلماء، وتشجيع بعض التيارات الفكرية. وقد كان الخليفة المأمون، الذي حكم من سنة

(*) أستاذة في جامعة باريس.

قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي.

١٩٨هـ/ ٨١٣م إلى سنة ٢١٨هـ/ ٨٣٣م، مثالاً بارزاً لهذه الفئة من الحكام.

بيت الحكمة في بغداد: مكتبة

كانت بغداد في عصرها الذهبي تملك مكتبة، حيث كان يعمل الرياضيون، والمثقفون، والمترجمون، وعلماء الفلك ويجتمعون. وقد عرفت ببيت الحكمة. ويطيب للمؤلفين العصريين أن يقروا بأنها إنجاز أمير مستنير، محب للآداب والعلوم، ويميلون، بسبب النقص في المعلومات الدقيقة إلى جعل بيت الحكمة هذا نوعاً من أكاديمية تجمع كل النشاط الفكري المرتبط بالعلوم المستقلة عن الدين. والدراسة الدقيقة التي أنجزتها ماري ـ جنفياف بالتي ـ غاسدون تعطينا الآن فكرة أكثر دقة عن دور هذه المؤسسة وعملها[١].

وكانت هناك مكتبات كثيرة في قصور الأمويين والعباسيين. وقد اشتهر بعض الخلفاء باهتمامهم بالعلوم والترجمات أمثال خالد بن يزيد والمنصور، وأغنى هؤلاء الخلفاء مكتبة الخلافة بمؤلفات تعكس أذواقهم. وقد ظهرت عبارة «بيت الحكمة» أو مثيلتها «خزانة الحكمة» تحت حكم هارون الرشيد. أما الخليفة المأمون، وإن لم يكن المنشىء لهذه المؤسسة، فقد أعطاها دفعاً قوياً جداً نحو النشاط العلمي الذي ارتبط بها. وبيت الحكمة الذي كان مكتبة في خدمة الأمير، أضحى آنذاك مكتبة مفتوحة للنخبة من العلماء، وهذا تعبير عن سياسة فكرية واسعة النطاق.

تتوافق كل المصادر لتظهر لنا بيت الحكمة كمكتبة تجمع بخاصة مؤلفات فلسفية وعلمية. وفعلاً فإن كلمة «حكمة» تشير في الثقافة العربية المسلمة ليس فقط إلى العقل وإلى الفكر النظري والفلسفي بالمعنى المباشر للكلمة، بل أيضاً إلى جميع أشكال المعرفة الموروثة من العصور القديمة والتي تعرف «بالعلوم العقلية» أو «علوم الأقدمين».

وقد اغتنى بيت الحكمة بالمخطوطات الواردة من الامبراطورية البيزنطية. ويروي صاعد الأندلسي، وهو مؤلف من القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، بأن الخليفة المأمون كان على اتصال بأباطرة القسطنطينية الذين أرسلوا له مؤلفات أفلاطون وأرسطو وأبقراط وجالينوس وإقليدس وبطلميوس وغيرهم[٢]. لكن هذه المقتنيات الآتية من الخارج، والتي تحدث عنها المدونون الذين يحبون إبراز كل ما هو استثنائي، هي أقل بكثير من المجموعات التي كانت متوفرة في الامبراطورية العباسية. إن بعض المدن كالإسكندرية، وأنطاكية، والرها، وحران، ونصيبين، بالإضافة إلى عدد من الأديرة، عاشت حياة فكرية.

---

(١) انظر: Marie-Geneviève Balty - Guesdon, «*Le Bayt al-ḥikma* de Baghdad,» Arabica, vol. 39 (1992), pp. 131 - 150.

(٢) صاعد الأندلسي، «كتاب طبقات الأمم،» تحقيق شيخو، **المشرق** (١٩١١)، ص ٤٨.

وكانت المؤلفات الفلسفية والعلمية اليونانية تحفظ في هذه المدن وتشرح وتقتبس وتترجم إلى السريانية. وقد احترم الفاتحون العرب الوضع السائد في هذه المدن قبل الفتح، وذلك مثلما فعلوا في كثير من الميادين الأخرى. ولم يضعوا حداً لحركة النقل والتكامل مع المعرفة القديمة، بل إنهم على العكس من ذلك تابعوا هذه الحركة ووسعوها. فهل يجب أن ندين مرة أخرى أيضاً، أسطورة حرق مكتبة الإسكندرية؟ وهكذا إذا رغب عالم من بغداد في ترجمة كتاب يوناني، فإنه لم يكن يفتش عن مخطوطته في الأراضي البيزنطية البعيدة، بل في هذه المراكز القديمة للثقافة الهلينستية، وكانت ترجمته العربية تغني مجموعات المؤلفات العلمية في «بيت الحكمة» وفي بقية المكتبات.

هل كان بيت الحكمة في بغداد مركزاً للترجمات؟

لقد أحصي العديد من العلماء الذين ترجموا، في عهد المأمون، مؤلفات في علم الفلك والهندسة والطب والفلسفة. لكنه من الصعب تحديد الدور الدقيق «لبيت الحكمة» في مشاريعهم. وإذا كان صحيحاً أن بعضهم كان موظفاً في هذه المؤسسة، إلا أن الأكثرية منهم كانت تعمل تلبية لطلب محدد من الخليفة أو من أحد أعيان البلاط أو من بعض الزملاء. وقد لعب المأمون دوراً حاسماً في هذا المجال، لكن بعض المتمولين خصصوا مبالغ مالية كبيرة لهذه الغاية. ومن التبسيط بمكان، أو من التعميم، ربط جميع العاملين بالترجمات آنذاك ببيت الحكمة. وقد افترض يوسف آش (Youssef Eche)، في أطروحته حول المكتبات العربية، تنظيماً دقيقاً للترجمات في «بيت الحكمة»: فأمين سره كان موكلاً بانتقاء المؤلفات المطلوب ترجمتها، وبتوزيعها على العلماء، وبمراقبة عملهم وتصحيحه إذا اقتضت الضرورة ذلك، وأخيراً بدمج هذه النصوص الجديدة في مجموعات «بيت الحكمة» بعد إنجاز النسخ الضرورية[٣]. ولكن لا شيء يدل على وجود مثل هذا التدبير. والدور الرئيس لـ «بيت الحكمة» كان في تقديم مخطوطات وتوفير الكتب المترجمة للعلماء.

وككل مكتبة، كان «بيت الحكمة» مكاناً لنسخ المؤلفات. فقد كان هناك شخص اسمه علان بن حسن الشعوبي يبيع الكتب في دكان له في بغداد، وكان ناسخاً مشهوراً اشتغل في «بيت الحكمة» لحساب هارون الرشيد والمأمون والبرامكة، ومما لا شك فيه، أنه أنجز نسخاً كان يبيعها في دكانه. وكان «بيت الحكمة» مسرحاً لنشاطات أخرى. فقد كانت تعقد فيه اجتماعات للعلماء، ومن المفارقة أن الاجتماعات التي نعرفها كانت مرتبطة بالعلوم الدينية. ومن الممكن أن يكون «بيت الحكمة» قد لعب دوراً لا بأس به، لكن من الصعب تقديره، في التوفيق بين الفلسفة والعلوم الدينية، ويكون بذلك قد ساهم في مذهب المعتزلة

(٣) Youssef Eche, *Les Bibliothèques arabes publiques et semi - publiques en Mésopotamie, en Syrie et en Egypte au moyen âge* (Damas: [s. n.], 1967), pp. 31 et ss.

قبل أن يصبح عقيدة رسمية. ومن خلال هذا الرهان الفلسفي والسياسي كان «بيت الحكمة» مرتبطاً بمسار الإسلام في انفتاحه على العقلانية، وقد كان هذا الارتباط أعمق مما قيل في هذا المجال بشكل عام. وما يوحي بهذا الأمر هو غياب الأطباء من بين العلماء الذين ترددوا على هذه المكتبة، في حين أن الطب الخاضع بشكل واسع لسيطرة النصرانيين كان يملك أمكنته الخاصة للنقل والترجمة. لكن هذا الأمر ليس المؤشر الوحيد. فعلى رأس هذه المؤسسة كان هناك مسؤول يدعى «صاحب» والعديد من أولئك الذين كانوا يمارسون وظيفة الإدارة هم معروفون، ففي عهد المأمون لم يكن يتم اختيارهم من بين العلماء أو الفلاسفة أو المترجمين، بل كانوا من أوساط «كتاب» الإدارة.

تبقى جملة من الأسئلة من دون جواب: أين كان موضع «بيت الحكمة»؟ وكيف كان يعمل؟ ومتى؟ ولماذا اختفى؟ ربما انقسم إلى عدة مجموعات أثناء انتقال العاصمة إلى سامراء عام ٢٢١هـ/ ٨٣٦م، أو من المحتمل أن يكون قد ترك عندما أدان الخليفة المتوكل (٢٣٢هـ/ ٨٤٧م ـ ٢٤٧هـ/ ٨٦١م) المعتزلة، وقد فقدت هذه المكتبة دورها المهم بعد حكم الخليفة المأمون. لكن النشاط العلمي لم يتوقف مع ذلك. بل بالعكس، فقد عرفت بغداد ازدهاراً برجال العلوم، بفضل دعم الخلفاء العباسيين ووزرائهم، ثم بعد سنة ٣٣٤هـ/ ٩٤٥م بفضل مساندة الأمراء البويهيين الكبار[٤]. والحيز الذي أفرده القفطي لهذه المرحلة في معجمه **أخبار العلماء** يوضح هذا التأكيد. لقد أعطى هذا البحاثة الحلبي، المتوفى سنة ٦٤٦هـ/ ١٢٤٨م سيرة حياة ٤١٥ رجل علم، ومنهم ٢٩٧ عالماً عاشوا في الفترة بين ظهور الإسلام وعصره؛ وهناك ١٥٨ عالماً منهم، أي أكثر من النصف، عاشوا بين القرنين الثاني للهجرة/ التاسع للميلاد، والثالث للهجرة/ العاشر للميلاد، ومن بين هؤلاء ١١٣ عالماً كانوا في العراق وحده[٥]. وكانت بغداد آنذاك القطب الذي يجذب إليه كل القوى الفكرية في العالم الإسلامي. ويذكر القفطي من بين علماء تلك الحقبة ٣٧ نصرانياً و١١ صابئياً[٦] و٨ يهود، ويثبت بذلك دور العلماء غير المسلمين في التطور العلمي العربي. وقد انتظمت هذه الحياة الفكرية المشرقة ذات الانتماءات الطائفية المتعددة حول المراكز المتعددة: أي بلاط الخليفة، ودكاكين الوراقين والجوامع والمدارس النصرانية وبيوت الأعيان. ولكي نكمل عرضنا، للمؤسسات العلمية نذكر المكتبات والمستشفيات.

---

(٤) حول الحياة الثقافية في القرن العاشر، انظر: J. L. Kraemer, *Humanism in the Renaissance of Islam: The Cultural Revival during the Buyid Age* (Leiden: E. J. Brill, 1986).

(٥) Françoise Micheau, «Hommes de sciences au prisme d'Ibn al-Qifṭī,» *Intellectuels et militants dans le monde islamique, cahiers de la Méditerranée*, vol. 37 (1988), pp. 81 - 106.

(٦) عباد الشمس والنار. (المترجم).

المكتبات الخاصة والعامة

تغنى العديد من الشعراء العرب بالرفقة الأمينة للكتب، كما عرف العديد من المثقفين الذين كانوا مولعين بها. ويصف ابن أبي أصيبعة، مكتبة الطبيب ابن المطران الغنية بأكثر من ثلاثة آلاف مجلد. وكان يشتغل فيها لحسابه ثلاثة ناسخين من دون انقطاع، كما أن ابن المطران نسخ بنفسه عدداً من الكتب. وعند موته سنة ٥٧٨هـ/ ١١٩١م، بيعت مجموعته الفريدة هذه إلى عمران، وهو طبيب آخر مولع بالمكتبات، وأصبح مالكها المحظوظ(٧). وقد عرفت مجموعة خاصة أخرى مصيراً مختلفاً، فامرأة المبشر بن فاتك، الغيورة من ولع زوجها واهتمامه بمكتبته ودراساته، ثأرت لنفسها بعد موته فرمت جميع كتبه في حوض ماء(٨). نستنتج من هذه الأحداث الدقيقة وجود مكتبات خاصة مهمة تعود لأفراد. ونذكر في هذا المجال أن استيراد الطريقة الصينية لصناعة الورق وانتشارها المتنامي في العواصم الشرقية الكبرى خلال القرنين الثاني للهجرة التاسع للميلاد/ والثالث للهجرة/ العاشر للميلاد أعطيا دفعاً قوياً لعمل الناسخين الذين توفرت لهم منذ ذلك الوقت مادة خفيفة، وصلبة وأقل كلفة من البردي والرق. فانتشرت تجارة النسخ بفضل تهافت الطبقات المثقفة للحصول على الكتب الجميلة.

وهناك بعض المكتبات الخاصة التي اشتهرت بسبب غنى محتوياتها. لقد كانت ملكاً للأمراء أو العلماء أو الأعيان، وكانت تفتح أبوابها أحياناً لسائح أو لفضولي أو لصاحب علم، وكذلك للمؤرخ الذي يكتشف وجودها. وقد أنشأ علي بن يحيى المنجم (ت ٢٧٥هـ/ ٨٨٦م) وهو أحد الأعيان، مجموعة رائعة في قصره في ضواحي بغداد. ويروي ياقوت أن أبا معشر المشهور توقف فيها عندما كان في طريقه إلى مكة للحج. فشغف بما تحويه من الكتب، مما جعله يعكف عن الحج ليتفرغ للاطلاع على كتب علم الفلك. يعيب الراوي بطريقة غير مباشرة أبا معشر لقلة إيمانه(٩).

حاول جميع الحكام الأكثر بروزاً امتلاك مكتبة غنية في قصورهم، وإظهار شغفهم بالاطلاع والمعرفة، وهي صفة ضرورية لكل حاكم صالح. لكن بعض هذه المكتبات فقط كانت مفتوحة للعلماء الباحثين والمترجمين والشارحين والمقتبسين والمؤلفين، ويمكن اعتبارها بحق مؤسسات علمية؛ مع أنها لم تكن تحوي سوى عدد قليل من الكتب المنسوخة أو المقروءة أو الملقنة أو المشروحة. بالإضافة إلى ذلك، فإن المجموعات المجتمعة كان ينبغي أن

---

(٧) أبو العباس أحمد بن القاسم بن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، تحقيق ونشر أ. مولر (بيروت: دار مكتبة الحياة، ١٩٦٥)، ص ٦٥٥.

(٨) المصدر نفسه، ص ٥٦٠.

(٩) انظر: Ibn ‘Abd Allāh Yāqūt, al - Ḥamawī, *Irshād al-arīb ilā ma‘rifat al-adīb; or, Dictionary of Learned Men of Yāqūt*, edited by D. S. Margoliouth, E. J. W. Gibb Memorial Series; VI, 7 vols. (Leiden: E. J. Brill, 1907 - 1927), vol. 5, p. 467.

تحوي بخاصة مؤلفات في العلوم الدينية وفي علوم الآداب، أما نصيب العلوم الدقيقة فمن المستحيل تحديده نظراً لغياب أي فهرس.

لهذه الأسباب كان من الضروري أن يعير الأمراء الشيعة اهتماماً خاصاً لإنشاء «دار الحكمة» أو «دار العلم». وقد اعتقد يوسف آش أنه يستطيع تمييز ثلاث حقبات في تاريخ المكتبات: **الأولى** هي حقبة «بيت الحكمة» والتي تختصر بالمؤسسة الشهيرة المنسوبة إلى المأمون؛ **والثانية** هي حقبة «دار العلم»، أما الحقبة **الثالثة** فقد شهدت انتقال «دار العلم» إلى المكتبات المرتبطة بـ «المدارس» و«دار الحديث»، والمستشفيات والجوامع... الخ. إن هذا التصنيف الذي أدخل قسراً مختلف المؤسسات من القرنين الرابع للهجرة/ التاسع للميلاد والخامس للهجرة/ العاشر للميلاد في نموذج «دار العلم»، هو تصنيف جامد، ومع ذلك، فإن له مأثرة أخرى في تقويم الدور الذي لعبه أهل الشيعة في إنشاء المكتبات المخصصة لتشجيع تطور جميع العلوم، وان كان ذلك لخدمة دعاوة نشيطة. لقد جمع الخلفاء في قصرهم بالقاهرة مجموعات غنية. وإذا صدقنا التقرير الذي نسخه المقريزي، فقد خصصت أربعون قاعة لهذه الغاية، وكان يوجد فيها ١٨٠٠٠ مخطوطة تعالج علوم القدماء. وقد أسس الحاكم سنة ٣٩٥هـ/ ١٠٠٥م «دار الحكمة» التي تسمى أحياناً «دار العلم»، وفي هذه المكتبة العامرة، التي اغتنت بالتقديمات الصادرة عن مجموعات القصر الخاصة، استقر علماء ومقرئون وعلماء فلك ولغويون ومؤلفو معاجم وأطباء، وفيها كان أساتذة يعلمون وعلماء يجتمعون. وقد أنشأ الخليفة «الوقف» وهو عبارة عن عقارات من الأراضي في الفسطاط لحساب عدد من الجوامع و«دار الحكمة». وكان أكثر من عشر هذا الريع بقليل مخصصاً لهذه الدار لدفع رواتب كل من المسؤول الإداري «الحافظ» والناسخين والخدم، ولتأمين اصلاح الكتب، ولتزويد القراء بالحبر والورق والأقلام، ولشراء السجاد والأبسطة. إن هذه الميزانية المخصصة بأكملها للمكتبة، لا يدخل في حسابها مصاريف أخرى كتعويضات العلماء المرتبطين بالمؤسسة ونفقات التعليم. هل يعني هذا أن هذه الأعباء كانت تؤخذ من صناديق أخرى؟ أم أن «دار الحكمة» في الحقيقة كانت تعمل أساساً كمكتبة مفتوحة لكل العلوم وأمام جمهور واسع؟ وإذا لم تكن هذه المؤسسة، في عهد الحاكم، مركزاً للدعاوة الإسماعيلية، فإنها قد أضحت كذلك فيما بعد وعرفت عندها تاريخاً مضطرباً[١٠].

لقد لعبت المؤسسات الشبيهة بـ «دار الحكمة» الدور نفسه في كل من الموصل، والبصرة، وحلب، وطرابلس، وبغداد، فقد كانت مكتبات تؤمن حفظ المخطوطات ونسخها، ومركزاً للتعليم ونشر العلوم والأفكار، ومكاناً للاجتماعات والمناقشات، وأحياناً مأوى وفندقاً صغيراً للعلماء والطلاب. وهكذا أنشأ الوزير البويهي سابور بن أردشير «دار العلم» في سنة ٣٨١هـ/ ٩٩١م أو سنة ٣٨٣هـ/ ٩٩٣م في حي الكرخ في بغداد. وتبين

---

(١٠) حول المكتبات في العصر الفاطمي، انظر: G. Wiet, «Recherches sur les bibliothèques égyptiennes aux X^e et XI^e siècles,» *Cahiers de civilisation médiévale*, vol. 6 (1963), pp. 1 - 11.

مقدمة الفهرس الخاص بهذه الدار، وهي للأسف القطعة الوحيدة التي بقيت منه، بأنه إلى جانب القرآن ومؤلفات التفسير والفقه والشريعة وعلم الأنساب والقواعد والشعر، نجد كتب أهل البيت، أي الكتب ذات الميل الشيعي والتي ألفها المتحدرون من سلالة النبي، كما نجد مخطوطات في الطب وعلم الفلك والفلسفة وغيرها من العلوم. وقد ازدهرت هذه المكتبة في النصف الأول من القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد بفضل المخصصات الكبيرة من الوقف، لكنها احترقت عام ٤٤٧هـ/ ١٠٥٥م حسب رأي بعضهم، وفي سنة ٤٥١هـ/ ١٠٥٩م حسب رأي بعضهم الآخر من جراء حريق التهم الحي بأسره.

وبقدر ما ساهمت هذه المكتبات الكبيرة خلال القرنين الرابع والخامس للهجرة/ العاشر ـ الحادي عشر للميلاد في نشر العقائد البدع وفي الانفتاح على التيارات الفكرية التي اعتبرت مجددة، فقد تعرضت للمصادرات والتدمير عندما انتصر المذهب السني المتشدد. وعندما استولى محمود بن غزنة سنة ٤٢٠هـ/ ١٠٢٩م على الري، وهو السلطان الذي كان صراعه ضد أي شكل من أشكال البدع يحدد سياسته، قضى على المعتزلة وأحرق كتبهم، كما أحرق كتب الفلاسفة وعلماء الفلك التي وجدها في المكتبة التي أسسها أمير بويهي؛ وصادر المؤلفات الباقية وأرسلها إلى عاصمة ملكه في غزنة، لكي يغني بها مكتبته الخاصة. كما أن الكنوز التي جمعها الخلفاء الفاطميون قد بعثرت وصفيت عند مجيء صلاح الدين ويذكر أحد كتاب سيرة هذا الحاكم أن المزاد كان يجري خلال يومين من كل أسبوع حيث كان كل شيء يبذل بأبخس الأسعار. . . وكانت الكتب تسحب من الخزائن وتختلط فتوضع الكتب الأدبية مع كتب علم الفلك، وكتب العبادة مع كتب المنطق، وكتب الطب مع كتب الهندسة، والروايات مع نسخ القرآن الكريم، والمؤلفات المغمورة مع المشهورة. . .[11].

المستشفيات الأولى

المستشفيات هي الأسهل تحديداً من بين كل المؤسسات العلمية، فالمصادر والمفردات تدل عليها من دون غموض بكلمة «البيمارستان». وأصل هذه الكلمة فارسي ويدل على مؤسسة تستقبل المرضى وتعنى بهم بواسطة جهاز مؤهل. وهذا ما يميزها عن الأشكال المتنوعة من المجمعات كالمآوي وأماكن البرص ومشافي الجذام وغيرها، والتي عرفها الغرب في القرون الوسطى كأماكن يهدف من خلالها المجتمع إلى حماية نفسه من المرضى والمجانين بواسطة عزلهم أكثر مما يهدف إلى تقديم الشفاء الحقيقي. لكنه من الصعب رسم صورة لتاريخ المستشفيات، فمصادرنا لا تشير في أغلب الأحيان إلا إلى تأسيس مستشفى، ونادراً ما تذكر شيئاً عن النشاط الفعلي له وعن مدة خدمته. إن أبحاث لوسيان لوكلرك (Lucien Leclerc) وأحمد عيسى بيه[12] غالباً ما ركزت على العدد والحداثة والراحة في هذه الأبنية

(١١) المصدر نفسه، ص ١٠.

(١٢) انظر: أحمد عيسى، **تاريخ البيمارستانات في الإسلام**، پول باربي (Paul Barbey) (القاهرة: =

الفخمة. وهكذا تسمح معطيات القلقشندي والمقريزي بتمييز حوالى عشرة مستشفيات تأسست في القاهرة في فترة ما بين القرنين الثالث والتاسع للهجرة/التاسع والخامس عشر للميلاد. وتوحي هذه اللائحة المعبرة بأن العاصمة المصرية كانت تستفيد من بنية طبية تحتية من الطراز الأول. لكن المقريزي نفسه يشير بوضوح إلى أن التقلبات السياسية وإعادة التعمير في المدن جعلت حياة بعض هذه المؤسسات قصيرة، وحتى عابرة.

يرجع الفضل من دون شك، إلى الخليفة هارون الرشيد (١٧٠هـ/ ٨٧٦م ـ ١٩٣هـ/ ٨٠٩م) في تأسيس أول مستشفى كان قد نشأ وعمل في العالم الإسلامي. وإذا صدقنا أقوال القفطي، فإن الطبيب جبرائيل بن بختيشوع، الذي دعي من جنديسابور إلى بغداد، تلقى أمراً من الخليفة بإنشاء «بيمارستان» في العاصمة بغداد. إن الأصل الفارسي لكلمة بيمارستان والدور الذي لعبه الأطباء الذين أتوا من جنديسابور تركا، ولفترة طويلة، انطباعاً بأن مستشفى هذا المركز الفارسي الكبير (جنديسابور) كان نموذجاً للمستشفيات العربية الأولى. لكن الأبحاث الحالية تأخذ اتجاهات أخرى: ألم يكن المركز الذي أفرد لجنديسابور في تاريخ بدايات الطب العربي مضخماً؟[١٣]. أليس البيمارستان هو رد على المؤسسة السريانية xenodochion؟ ألا يندرج تأسيس هذه المستشفيات من قبل هذا الوزير أو هذا الخليفة في إطار المنافسة بين التيارات الطبية التي تواجهت في القرن الأول العباسي؟[١٤].

لقد تكاثرت الأبنية في العاصمة العباسية في القرنين الثالث والرابع للهجرة/التاسع والعاشر للميلاد، وقد نشأت جميعها لإرادة حاكم، أو وزير، أو أحد الأعيان المتنفذين في بلاط الخليفة. وهي تشهد على حيوية النشاط الطبي، الذي كان لا يزال على نطاق واسع بأيدي العلماء النصارى النساطرة. وبفضل دراسة غي لوسترانج (Guy Le Strange) حول طوبوغرافيا مدينة بغداد، والتي دققها أرسلان ترزيوغلو (Arslan Terzioglu) فيما يتعلق بالمستشفيات فيها، فقد أصبح من الممكن رسم خريطة لها[١٥]. فالمستشفى الأكثر فخامة

= [د. ن.]، ١٩٢٨)، و Lucien Leclerc, *Histoire de la médecine arabe: Exposé complet des traductions du grec; les sciences en orient, leur transmission à l'occident par les traductions latines,* 2 vols. (Paris: Leroux, 1876), réimprimé (New York: Burt Franklin, 1963).

(١٣) انظر: Lawrence Conrad and Vivian Nutton, *From Myth to History: Jundishapur and Islamic Medicine* (London: Wellcome Institute for the History of Medicine, [Forthcoming]); يحضر هذان المؤلفان إيضاحاً حول جنديسابور يفصل ما بين التقليد الخرافي والحقيقة التاريخية.

(١٤) هذا هو اتجاه دراسة: Michael Walters Dols, «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality,» *Bulletin of the History of Medicine,* vol. 61 (1987), pp. 367 - 390.

(١٥) Guy Le Strange, *Baghdad during the Abbassid Caliphate from Contemporary Arabic and Persian Sources* (Oxford: Clarendon Press, 1900), and Arslan Terzioglu, «Mittelalterliche Islamische Krankenhäuser,» *Annales de l'université d'Ankara,* vol. 13 (1974), pp. 47 - 76.

كان البيمارستان العضدي. لقد قدر عضد الدولة ٣٣٨هـ/ ٩٤٩م ـ ٣٧٢هـ/ ٩٨٣م عندما كان أميراً على شيراز كفاءة الطبيب جبرائيل بن بختيشوع، وهو حفيد طبيب الخليفة هارون الرشيد، إذ أعجبته مقالته في عصب العين. وعندما أصبح سيداً على بغداد كلف الأمير البويهي الطبيب جبرائيل هذا ببناء مستشفى رمى من ورائه، ومن دون أدنى شك، تأكيد عظمة عاصمته بهذا البنيان الفخم. وما نعلمه عن هذه المؤسسة يبرر شهرتها، وقد شيدت سنة ٣٧١هـ/ ٩٨٢م على الضفة الغربية للنهر، وفي موضع قصر «الخلد» القديم الذي تداعى خراباً. وأجاز الأمير إلى جبرائيل أجراً مضاعفاً قيمته ٣٠٠ درهم في الشهر لقاء عمله في البلاط وفي المستشفى. وقد تألف الفريق الطبي من ٢٤ طبيباً، منهم الاختصاصيون في العيون، وفي الجراحة، وفي التجبير وكانوا مرتبطين بالمستشفى. وقد حفظ لنا ابن أبي أصيبعة ذكرى عن الكثيرين منهم: فإبراهيم بن باخوس، على الرغم من العمى الذي أصابه استمر في ممارسة الطب وإعطاء الدروس في المستشفى لكي يعيل نفسه. وكان ابن الطيب يعتني بالمرضى ويعلم الطب أيضاً، وكان ابن بطلان تلميذه. ويؤكد كاتب السير أنه رأى نسخة من شرحه لمقالة عائدة لجالينوس، ويؤكد بأن القراءة قد تمت تحت إشرافه في المستشفى العضدي في بغداد في ١١ رمضان سنة ٤٠٦ هـ (الموافق ٢٢ شباط ١٠١٦ م). وكان هذا المستشفى يتلقى مداخيل مهمة لتأمين استمراريته، وقد رآه ابن جبير عندما مر في بغداد في أواخر القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد، وكان لا يزال يعمل عندما كان الأطباء لا يزورونه إلا مرتين في الأسبوع.

إننا لا نعرف مؤسسات للعناية الطبية، قبل القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، إلا في العواصم الكبرى: كبغداد، والقاهرة حيث وجدت مؤسسة يرجع فضل بنيانها إلى الطولونيين، وربما أيضاً في الري، حيث يقال إن الرازي كان مديراً لمؤسستها الطبية قبل مجيئه إلى عاصمة العباسيين.

المراصد ومراكز المراقبة

جذبت هذه العواصم الشهيرة علماء آخرين أيضاً، ومن بينهم المنجمون وعلماء الفلك الذين اطمأنوا إلى دعم البلاط وتشجيعه لهم. لقد أحدث إدخال الطرق الدقيقة والنماذج الهندسية والصيغ الرياضية، ولا سيما بعد ترجمة **المجسطي** لبطلميوس، نمواً سريعاً لعلم الفلك المبني على المراقبة. يشهد على ذلك العدد الكبير من الجداول العددية، المرفقة بتفسيرات وافية تتيح لعالم الفلك أو للمنجم حل مسائل مهنته. إننا نعرف نسبياً الأجهزة التي استعملت لهذه الغاية، بفضل المقالات التي تعرض القواعد الدقيقة لإنشائها. وفي المقابل، إننا لا نعلم الكثير عن الأماكن حيث كان علماء الفلك يقومون بأعمال الرصد ولا عن المؤسسات العلمية التي كانت تؤمن لهم حسن سير العمل، على الرغم من الجهود

التي بذلها آيدين سايلي (Aydin Sayili) لكي يستعرض جميع المراصد المشار إليها في المصادر(١٦).

مع ذلك هناك قناعة تفرض نفسها: فأعمال الرصد العديدة التي شهدتها حتى القرن الخامس للهجرة/الحادي عشر للميلاد بغداد وأصفهان والقاهرة، لم تنجز في إطار مراصد لها أبنية ذات أشكال خاصة معدة لهذا الغرض ومجهزة بآلات قياس ومهيأة للعمل سنوات عديدة، بل كانت تجري في ما يمكن تسميته مراكز للرصد مؤقتة ومجهزة تجهيزاً متواضعاً من أجل أهداف محددة. وهكذا كان عدد من علماء الفلك يملكون مرصداً خاصاً بهم، إذا ما توفر لديهم بعض الأجهزة؛ فإننا نعرف مثلاً أن بني موسى المشهورين كانوا يراقبون السماء من منزلهم الواقع في باب الطاق على ضفاف دجلة.

لقد شجع العديد من الخلفاء الأعمال الفلكية، وغالباً ما كان الدافع هو الولع بالتنجيم. وهكذا كان الأمر بالنسبة إلى الخليفة المأمون الذي أشرف بنفسه على مشاريع فلكية، وأحدها كان في بغداد في حي الشماسية، وآخر في ضواحي دمشق على قمة جبل قاسيون. لقد تجمع، على نفقة هذا الخليفة، أكبر علماء الفلك في ذلك العصر، وكانوا مكلفين بإعداد برنامج دقيق للتحقق من معطيات **المجسطي** وبرصد خاص للشمس والقمر خلال سنة كاملة، وهذا ما أوصلهم إلى وضع «الجداول الممتحنة». لكننا لا نملك أي وصف للأبنية المختصة بهذه الأعمال، ونعتقد أن علماء الفلك استقروا مؤقتاً مع أجهزة القياس الخاصة بهم في الأماكن التي ذكرناها. ولا يوجد أي سبب يجعلنا نربط دورة الرصد هذه بـ «بيت الحكمة»، حيث كانت المهام تتلخص بوظيفته كمكتبة ومركز للترجمة. وقد قام علماء الفلك بهذا النشاط العلمي في السنوات الأخيرة من عهد المأمون؛ وإن اختلفت المصادر قليلاً فيما يتعلق بالتاريخ الدقيق لهذا النشاط، لكنها تتفق جميعها على أن العمل توقف مع موت المأمون سنة ٢١٨هـ/ ٨٣٣م.

وبدورهم، طور البويهيون ووزراؤهم برامج رصد في الري وأصفهان وشيراز. وبسبب ضخامة الأجهزة التي يصعب نقلها فقد تطلبت بعض هذه الأعمال إقامة محطات متخصصة، وإن كانت مؤقتة. وهكذا عهد الأمير عضد الدولة، والذي أعطى اسمه لمستشفى بغداد الكبير، إلى عبد الرحمن الصوفي، الشهير في أبحاثه عن النجوم الثابتة، كي يقيس ميل فلك البروج. وقد تمت هذه العملية في شيراز سنة ٣٥٩هـ/ ٩٦٩ ـ ٩٧٠م. كما أعيدت، من دون شك، في السنوات اللاحقة، بواسطة حلقة بلغ قطرها عدة أمتار. أما ابنه شرف الدولة فقد شيد مرصداً له في بستان قصره في بغداد. إن التعبير الذي استعمله القفطي «بيت الرصد» يجعلنا نفكر بأن الأمر يتعلق ببناء مخصص لهذا الغرض وله مدير،

---

(١٦) Aydin Mehmed Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory,* Publications of the Turkish Historical Society; ser. 7, no. 38 (Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1960).

ومجهز لتنفيذ برنامج فلكي(١٧). وللأسف، فإننا لا نعرف عن العمل الذي تم إنجازه في مرصد شرف الدولة باستثناء الأرصاد التدشينية التي ذكرها المفهرس بشكل واسع. ومرة أخرى، هل كانت وفاة المؤسس تعني نهاية المؤسسة؟

إن سخاء الخليفتين الفاطميين في القاهرة العزيز وخلفه الحاكم سمح للفلكي ابن يونس بإجراء سلسلة أرصاد أدت إلى وضع **الزيج الحاكمي** الشهير. ويرتكز هذا الإنجاز على عمل تم على امتداد سنوات عديدة وعلى قياسات كثيرة أجريت في منزل العالم الخاص وفي أماكن مختلفة في القاهرة. وفعلاً وكما برهن آيدين سايلي بواسطة قراءة دقيقة للمصادر، لا شيء يدل على أن الخليفة الحاكم قد بنى مرصداً على جبل المقطم شرق القاهرة. وهناك قول للمقريزي يوحي أن الخليفة كان يملك بيتاً على هذا الجبل، وكان يقصده ليرصد السماء. غير أن الأمر لا يتعلق على الاطلاق بمؤسسة علمية كبيرة معدة لخدمة علم الفلك.

تدريس العلوم

إذا أردنا رسم صورة عن المؤسسات العلمية خلال القرون الأربعة الأولى من تاريخ الإسلام فإننا نحددها على الشكل التالي: مؤسسات أميرية لتأكيد السمعة والهيبة، مؤقتة ومركزة في بعض العواصم الكبرى. وقد نشأت بإرادة الخلفاء أصحاب التيارات الفكرية المختلفة.

وأطلقت، من دون شك، نشاط العلماء وشجعت تطور العلوم وساندت نخبة من أصحاب الفكر المنفتح. ولكنها كانت تختفي مع إختفاء الأمراء الذين ارتبطت بهم مباشرة، أو العلماء الذين اشتغلوا فيها: فالرجال كانوا حملة وناشري أفكار أكثر مما كانت عليه المؤسسات. وهكذا كان التدريس يجري في مناخ من الحرية الواسعة، مستقلاً عن كل مؤسسة، حتى وإن رأينا، هنا وهناك دروساً تعطى في مكتبة أو في مستشفى، حتى وإن قرأنا، مثلاً أن دروساً في الطب كانت تلقى في جامع ابن طولون في القاهرة(١٨). فالعلوم كانت تنقل آنذاك بواسطة أولئك الذين كانوا صناع تطورها. وكان العلماء يجتمعون غالباً في منازلهم الخاصة، ونادراً في الأماكن العامة، وكان الطلبة ينجذبون أحياناً من بعيد جداً بشهرة معلم. وهكذا يروى أن الطبيب يوحنا بن ماسويه أخرج من «بيته» الفتى حنين بن

(١٧) أبو الحسن علي بن يوسف القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**، تحقيق يوليوس ليبرت (ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣)، ص٧٩.

(١٨) انظر: Abū al-Abbās Ahmed Ibn Alī al-Maqrīsī, *Kitāb al - Khiṭāṭ*, traduction française partielle par U. Bouriant et P. Casanova, *Description topographique et historique de l'Egypte* (Paris: [s. n.], 1895 - 1900), réimprimé (Le Caire: Bulaq, 1906 - 1920), vol.2, p. 267.

اسحق الذي كان يعكر عليه دروسه بأسئلة كثيرة للغاية. ويلح جورج مَقدِسي بشدة، في دراسته المهمة حول «المدارس» في الإسلام، على الميزة الخاصة والشخصية لتدريس العلوم، والمستقلة عن أية مؤسسة[١٩]. وقد ترك لنا عبد اللطيف البغدادي، العالم ذو المعارف الموسوعية، والمتوفى في بغداد سنة ٦٢٩هـ/ ١٢٣١ ـ ١٢٣٢م، في «سيرة حياته الذاتية»[٢٠] لوحة حية عن طرق التدريس في القرون الوسطى الإسلامية. وعند قراءتها يسهل علينا تصور الطلاب مجتمعين لقراءة مقالة بإشراف معلم يصحح أخطاء القراءة، ويوسع معنى النص، ويوضح ما التبس عليهم بمساعدة معلوماته وخبرته. وكان الهدف الأول هو الحفظ غيباً لمحتوى الكتاب لكن بعد استيعابه أولاً، لأن الذاكرة تواكب ولكنها لا تنفي أبداً تمرين الذكاء. وكان هذا التدريس الأساسي يستند، إذن، على القراءة والشرح والحفظ غيباً لمؤلفات كاملة: كترجمات مؤلفين يونانيين، ومقالات لعلماء عرب كبار، أو مؤلفات المعلم نفسه الأصيلة أيضاً. فشهادة «السماع» التي كان تعطي أحياناً إجازة للطالب لكي ينقل بدوره النص المدروس، كانت تشكل تصديقاً للإصغاء النبيه لدروس المعلم[٢١]. وهكذا يصف ابن أبي أصيبعة نسخة من «المقالات الست عشرة» لجالينوس، حيث إن طالباً من دمشق قد أنجزها بنفسه، ودون له المعلم عليها شهادة «السماع»[٢٢]. ويكتفي كاتبو السير في أغلب الأحيان بالتأكيد على أن الطالب «تتلمذ على يده». وتتكرر هذه العبارة بشكل دائم في مؤلفات **الطبقات** وتذكرنا بأن انتقال أي معرفة في القرون الوسطى الإسلامية كان يرتكز على قيمة الكلام المتلقى والمكرر. إن متابعة الدرس على يد معلم مشهور، وإقامة علاقات ارتباط وصداقة مع معلم بارز، وجذب التلامذة بأعداد كبيرة وإفادة الطلاب بتدريس نافع، كانت جميعها تشكل ميزات تضع عالماً في مصاف أقرانه وتؤكد اتساع معلوماته.

التحولات في القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد

أحدث مجيء الأتراك السلاجقة، الذي تميز باحتلال بغداد سنة ٤٤٧هـ/ ١٠٥٥م، تحولات عميقة في تاريخ الإسلام، واللوحة التي عرضناها في الصفحات السابقة عن

(١٩) George Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West* (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1981), especially pp. 75 - 76.

(٢٠) محفوظة في مؤلف ابن أبي أصيبعة. انظر: ابن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، ص٦٨٣ وما يليها.

(٢١) حول شهادات القراءة، انظر أعمال: Georges Vajda, *La Transmission du savoir en Islam (VIIIe - XVIIIe siècles)*, édité par Nicole Cottart, Collected Studies Series; CS 181 (London: Variorum Reprints, 1983), et Jacqueline Sublet, *Le Voile du nom: Essai sur le nom propre arabe* (Paris: Presses universitaires de France, 1991), pp. 126 et ss.

(٢٢) ابن أبي أصيبعة، المصدر نفسه، ص ٦٧٠.

المؤسسات العلمية تغيرت آنذاك بشكل كبير. فالسياسة الدينية المتشددة للسلالة الحاكمة الجديدة برزت في جهود عنيف للتحويل إلى المذهب السني. فتغير بسببها مناخ الجيشان الفكري. ومع «إغلاق الباب أمام التفكير الشخصي»، الذي أخذ صفة قانون، ضاق المجال الفكري وانكفأ العلماء على معرفة اعتبرت مغلقة واقتصر دورهم على ممارسة ونقل التقليد الموروث(٢٣). وطال هذا التحول أيضاً تاريخ المؤسسات العلمية من خلال نشر «المدارس»، وإنشاء مكتبات مرتبطة بالمؤسسات الدينية، وتوسيع نظام الأوقاف، وزيادة عدد المستشفيات.

المدارس والعلوم

«المدرسة» هي مؤسسة جديدة يعود تاريخها إلى القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد. وعلى الرغم من وجود بعض المؤسسات الرائدة، ومهما تكن الفرضية المسلَّم بها بالنسبة إلى النموذج الذي انبثقت عنه، يمكننا اعتبار أن المؤسسات الأولى قد أنشئت على يد الوزير نظام الملك (ت ٤٨٥هـ/ ١٠٩٢م). ثم تكاثرت المدارس في كل أنحاء الامبراطورية السلجوقية وتعدتها إلى غيرها. ويتعلق الأمر بمعاهد مخصصة لتكوين جهاز قادر على القيام بالمهام الإدارية والدينية والقضائية، وذلك لخدمة السياسة السنية التي كان يعتمدها الحكام. ويروي أبو اسحاق الشيرازي، وهو أول أستاذ رئيس «للنظامية» بعد رحلة قادته من بغداد إلى نيسابور أنه لم يمر بمدينة أو قرية إلا ووجد فيها واحداً من تلامذته يعمل قاضياً أو خطيباً(٢٤). وكانت السلطة تتدخل مباشرة ليس فقط في إنشاء مثل هذه المؤسسات، بل أيضاً في اختيار الأساتذة وفي تحديد أجورهم. ويبدو دور «المدرسة» غير ذي أهمية من وجهة النظر التي تهمنا في هذه المقالة. وفعلاً كانت العلوم الدينية أو التقليدية كالقرآن، والحديث، وبخاصة الفقه والتفسير اللفظي والمواد التابعة لهذه العلوم، هي وحدها التي كانت تلقن في «المدرسة». غير أن التأكيد، بعد كل الذين درسوا انتشار «المدرسة» في الإسلام، بأن علوم القدماء كانت مستبعدة، يعني إبقاء الأسئلة التي يطرحها المؤرخ على نفسه طوعاً من دون إجابات. فبعض المعارف الرياضية والفلكية ضرورية لرجل الدين والقانون، فبأية طرق كانت تدرس؟ ألم يدمج جزء من العلم العربي بطريقة تدريجية بالمعرفة التقليدية؟ ألم يُخل رجل العلم المنفتح على الفلسفة والفكر النظري المكان تدريجياً للمتخصص، كالطبيب، والمنجم، والمهندس، والفَرَضي، والموقت، القادر على أداء

(٢٣) انظر: Mohammed Arkoun, «Introduction à la pensée islamique classique,» dans: Mohammed Arkoun, *Essais sur la pensée islamique* (Paris: Maisonneuve et Larose, 1975), pp. 13 - 49.

(٢٤) E. Wüstenfeld, «Der Imām al - Shāfi'i und seine Anhänger,» *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaft zur Göttingen*, Bd. 37 (1891), p. 94.

خدمات ينتظرها منه المجتمع؟[٢٥] إن إثباتاً يفرض نفسه، فقد وجدت بعض المواد العلمية مكاناً لها في المدرسة، كمسألة الفرائض التي لا جدال فيها. فهذا العلم في تقسيم الميراث يتطلب قوانين قضائية دقيقة وطرقاً رياضية معقدة كانت تلقن في بعض المدارس لأنها ضرورية للفقيه. وفي لائحة لأساتذة «النظامية» وضعها أسد طلاس[٢٦] نجد أستاذين للفرائض والحساب إلى جانب ٢٣ أستاذاً للفقه والأصول و٧ أساتذة للتفسير والحديث و١٣ أستاذ كلام و٧ أساتذة أدب. أما الأمر فهو غير مؤكد بالنسبة إلى علم الفلك؛ غير أن فن تحديد القبلة ومواقيت الصلاة وبدء شهر رمضان يتعلق بمسائل فلكية لا يستطيع الموقت تجاهلها ويفترض أن يكون قد درسها أيضاً في المدرسة. ومن ناحية أخرى، ربما جمع بعض العلماء بدافع من الميل والضرورة بين تدريس مواد علمية وتدريس الشرع. ومثلنا على ذلك كمال الدين بن يونس، المتوفى سنة ٦٣٩هـ/ ١٢٤٢م الذي كان قاضياً شافعياً وفي الوقت نفسه رياضياً شهيراً. لقد درس الفقه في المدرسة النظامية في بغداد؛ ثم عمل أستاذاً في مدارس مختلفة في مسقط رأسه، الموصل. وبالإضافة إلى تدريسه التقليدي لمواد قضائية، كان يعطي دروساً في الرياضيات وعلم الفلك. وقد كرس له ابن خلّكان لمحة مطولة كال له المديح فيها[٢٧] حيث ذكر شهادات طلاب له كانوا قد درسوا معه، وأحدهم درس معه **المجسطي** لبطلميوس، وآخر النظرية الموسيقية[٢٨]. إلا أنه في غياب أي برنامج رسمي للتدريس في المدارس، فإن هذه الإشارات المبعثرة هنا وهناك لا تكفي للحصول على أجوبة أكيدة، بل إنها تدعو إلى توسيع دراسات دقيقة تنقصنا ولا سيما بالنسبة إلى النصف الثاني من العصر الوسيط.

المكتبات الجديدة

لقد غير انتشار المدارس طبيعة وموضع المكتبات العامة. فبدءاً من القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد إختفت في الواقع من المدن «دور العلم» وغيرها من المكتبات

---

(٢٥) تطرق صبرا إلى هذا الموضوع، انظر: A. I. Sabra, «The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam: A Preliminary Statement,» *History of Science*, vol. 25 (1987), pp. 223 - 243.

(٢٦) Muḥammad As'ad Talas, *L'Enseignement chez les arabes: La Madrasa Niẓamiyya et son histoire* (Paris: P. Geuthner, 1939).

(٢٧) Ibn Khalliqān, *Wafayāt al - a'yān*, english translation by W. MacGuekin de Slane, *Ibn Khallikān's Biographical Dictionary*, 4 vols. (New York; London: [n. pb.], 1968), vol. 3, pp. 466 - 474.

(٢٨) مثل آخر: صدر الدين بن الوكيل المتوفى سنة ٧١٦ هـ/ ١٣١٦ م الذي علم تحت غطاء «الحديث» الطب والفلسفة وعلم الكلام. انظر: Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West*, p. 78.

المستقلة لكي تحل مكانها أبنية ملحقة بمؤسسات أخرى، وفي طليعتها «المدارس». وقد ترك لنا القلقشندي، وهو مؤلف من القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد تحليلاً يتميز بفكره الثاقب؛ فقد ذكر أن الخلفاء والحكام كانوا في السابق يهتمون كثيراً بالمكتبات الكبيرة ويولونها الكثير من العناية، الأمر الذي أتاح لهم تكوين العديد من المجموعات الجميلة. وقد قيل ان أكبر ثلاث مكتبات في الإسلام كانت: مكتبة الخلفاء العباسيين في بغداد، ومكتبة الفاطميين في القاهرة، ومكتبة الخلفاء الأمويين في الأندلس. ولكن فيما بعد ضعف اهتمام الخلفاء بالمكتبات واكتفوا بمكتبات المدارس لضرورتها القصوى[٢٩].

وبإمكاننا التثبت من هذا التطور إذا رأينا تعاقب المكتبات الرئيسة في العاصمة العباسية في فترة ما بين القرنين الثاني والسابع للهجرة/ الثامن والثالث وعشر للميلاد، وهي بيت الحكمة في أيام هارون الرشيد والمأمون، ومجموعات لهواة الكتب، وكان بعضها مفتوحاً أحياناً أمام العلماء كمجموعة يحيى المنجم، والمكتبة الكبرى لسابور والتي أنشئت في أواخر القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد، وهي مؤسسة ذات توجه شيعي مفتوحة أمام جميع العلماء من دون استثناء. وفي سنة ٤٥٩هـ/ ١٠٦٦م أي بعد بضع سنوات على احتراق هذه المكتبة الأخيرة دشنت المدرسة النظامية، وألحقت بها مكتبة اشتهرت بعلمائها المديرين وبغنى محفوظاتها. وكذلك كان الأمر بالنسبة إلى بقية مدارس بغداد. وفي النصف الأول من القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد كان البحاثة والمثقفون يذهبون طواعية إلى المدرسة المستنصرية لشهرتها بالمجموعات المخطوطة. لقد أحصى يوسف آش بالنسبة إلى الفترة الممتدة من القرن الخامس ـ السابع للهجرة/ الحادي عشر ـ الثالث عشر للميلاد حوالى عشر مكتبات مرتبطة بالمدارس وحوالى خمس عشرة مكتبة ملحقة بمؤسسات دينية أخرى (جامع، رباط، ضريح... الخ). وبسبب التصاقها بمعاهد تدريس العلوم التقليدية، كانت طبيعة مجموعاتها تعكس الاهتمامات المحصورة بالمواد المدرسة، كما كانت تبغي الترويج للدعاوة السنية. مع ذلك، نعرف أن كتاب **القانون** لابن سينا قد أدخل إلى «المستنصرية» وأن الطبيب ابن جزلة جعل من مجموعته وقفاً، محدداً ضريح أبي حنيفة كموضع لحفظها. وقد وجدت حديثاً مجموعة مؤلفات رياضية كانت قد نسخت في المدارس «النظامية» في بغداد والموصل سنة ٥٥٦هـ/ ١١٦١م. ويعتقد انطون هينن (Anton Heinen) الذي نشر أحدها[٣٠] بأن هذه

---

(٢٩) أبو العباس أحمد بن علي القلقشندي، **صبح الأعشى في كتابة الإنشا**، ١٤ ج (القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٩١٣ ـ ١٩١٩)، ج ١، ص ٤٦٦.

(٣٠) Anton M. Heinen, «An Unknown Treatise by Sanad Ibn ʻAlī on the Relative Magnitudes of the Sun, Earth and Moon,» in: David A. King and George Saliba, eds., *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval*

المقالة كانت قد درست، ليس من أجل محتواها الفلكي والرياضي، بل لأن الوضوح والبساطة في حججها يعطيان مثالاً مفيداً للاستدلال. ويؤكد بأن المنطق كان يعتبر، في ذلك العصر، مادة مفيدة وحتى ضرورية لدارس الفقه وعلم الكلام. إلا أن بعض هذه الوقائع القليلة المتفرقة لا تسمح بعد بالاستنتاج بالنسبة إلى دور مكتبات المدارس الحقيقي في تطوير العلوم، لكنها تدعو إلى دفع الأبحاث حول هذه النقطة قدماً إلى الأمام.

مخصصات الأوقاف

لم تكن المدرسة هي المستفيدة وحدها من نظام الأوقاف الذي يوفر لها مداخيل تؤمن حسن سير العمل، بل كثير غيرها من المؤسسات الأخرى، وبذلك تتحرر من التبعية لمتبرع واهب. لقد استفادت من هذا النظام مكتبات كبرى في القرن الرابع للهجرة/ العاشر للميلاد كمكتبة عضد الدولة في البصرة، التي كانت أول مؤسسة تمولت من الوقف. ولكن بدءاً من القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد أصبح كل تأسيس لجامع، أو لمدرسة قرآنية أو لرباط أو لخان أو لمدرسة أو لمستشفى، يترافق مع تخصيصات على شكل وقف. والممتلكات التي هي عبارة عن عقارات إجمالاً، كالمحلات التجارية وبيوت الإيجار والحمامات والحدائق والاستثمارات الزراعية، كانت تدخل في نظام الأوقاف، وكان ريعها يخصص وفقاً لإرادة المؤسس الواضحة لعمل تقوى أو إحسان. ومن دون أن نتجاهل المسائل القضائية المعقدة لهذا النظام ولا التساؤلات حول الدور السيىء الذي لعبه في التطور الاقتصادي للعالم العربي، لا بد لنا أن نلاحظ أن هذا النموذج من التمويل قد شجع نشاط المؤسسات ذات المنفعة العامة وديمومتها.

لقد وصل إلينا مثال من بين أقدم الأمثلة المحفوظة، في مستندين نشرهما محمد خضر[٣١]. صدرا عن أمير قرخاندي في آسيا الوسطى واسمه بغرى خان، وقد قرر فيهما تأسيس مدرسة ومستشفى في سمرقند وذلك سنة ٤٥٨هـ/ ١٠٦٥ ـ ١٠٦٦م. كان هذا الأمير في نظر معاصريه وخلفائه مثال الحاكم التقي والمتشدد، الذي قاد الصراع ضد الشيعة. إن تأسيس مدرسة ينبثق من هذه السياسة، وكذلك أيضاً إقامة مستشفى، كما يشهد على ذلك قرار إنشاء الوقف.

Near East in Honor of E. S. Kennedy, Annals of the New York Academy of Sciences; v. 500 = (New York: New York Academy of Sciences, 1987), pp. 167 - 174.

(٣١) Mohammed Khadr, «Deux actes de *waqf* d'un Qarakhānide d'Asie Centrale,» *Journal asiatique*, tome 255 (1967), pp. 305 - 334.

تكاثر المستشفيات

إن مثل هذه الرؤية تستطيع أن تساعدنا على فهم تكاثر المستشفيات في جميع مدن الشرق الأدنى ابتداء من القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد، ويشكل هذا التكاثر دليلاً ساطعاً على انتشار علم طبي موضوع آنذاك في خدمة السكان المحليين. وفعلاً، فقد ارتبطت تحديداً بذلك العصر بعض المشاريع الجديدة، في واسط وميافارقين وحلب وانطاكية، التي بشرت بالتطور في القرون اللاحقة. وعندما جال ابن جبير في الشرق الأدنى خلال السنوات ٥٧٨ ـ ٥٨١هـ/ ١١٨٣ ـ ١١٨٥م، أشار إلى وجود مستشفى أو عدة مستشفيات في غالبية المدن التي اجتازها. وقد سأل هذا الرحالة الأندلسي شيخاً من حمص عما إذا كان هناك مستشفى في المدينة وفق تقليد مدن تلك المناطق؛ فكان له انطباع أن المستشفيات هي أجمل شهادات عن مجد الإسلام، وأن المدارس شهادات أخرى[٣٢].

يرجع الفضل في إنشاء غالبية هذه المؤسسات إلى مبادرة الحكام الذين حركهم الهم الاجتماعي والرغبة في الشهرة. لقد تكاثرت الأسر المالكة التي تمتعت مناطقها بالحكم الذاتي وكانت تطمح في أن ترى عاصمتها الإقليمية تنافس بغداد وبلاطها يجذب العلماء والفنانين بتقديم أجور مغرية. وهذا ما عزز تطوراً ثقافياً وعلمياً كانت قد احتكرته العاصمة العباسية لفترة من الزمن. لكن هذه الاعتبارات لا تفسر كل الظواهر: فازدياد عدد المستشفيات ليس معزولاً في الزمان والمكان عن انتشار المدارس. وهكذا فإن بناء مستشفيات حلب، والرقة، ودمشق في عهد نور الدين (٥٤٠هـ/ ١١٤٦م ـ ٥٦٩هـ/ ١١٧٤م) والذي تم في الفترة نفسها التي جرى فيها تأسيس المدارس وخانات الصوفية، يندرج في الجهد لإعادة التسلح المعنوي المرتبط بالصراع ضد الشيعة وضد الصليبيين. وبعد دخوله المظفر إلى دمشق، أقام هذا الحاكم فيها مؤسسات عديدة منها عدة مدارس ومستشفى النوري الشهير، الذي تحول الآن إلى «متحف تاريخ الطب والعلوم». ويذكر هذا البناء الجميل من العصر الزنكي الزائر بعظمة الطب في هذه المدينة في القرون الوسطى. وكذلك في الفترة نفسها شيد الأمراء السلاجقة في تركيا مؤسسات ما زالت تسحر السائح في عصرنا الحاضر بجمال هندستها المعمارية، إلا أنها تترك المؤرخين حيارى في الغاية التي من أجلها بنيت[٣٣].

وكما كانت المدارس، بصفتها مؤسسات لتدريس العلوم الدينية، تسهم في تثبيت النفوس، كذلك كانت المستشفيات، بصفتها مراكز عناية وتأهيل للأطباء، تجلب الشفاء

---

(٣٢) انظر: Muhammad Ibn Ahmad Ibn Jubayr, *Voyages*, traduit et annoté par Maurice Gaudefroy - Demombynes (Paris: P. Geuthner, 1949 - 1965), vol. 2, p. 298, et vol. 3, p. 330.

(٣٣) مثل واضح عن هذا الارتباك، في: G. Cantay, «La *Medrese* de médecine et son hôpital à Tokat,» dans: *Travaux et recherches en Turquie* (Istanbul: Institut français d'études anatoliennes d'Istanbul, 1982), pp. 43 - 54.

للأجسام. هذا ما عبّر عنه أحد الشعراء[٣٤] مادحاً السلطان المنصور قلاوون الذين بنى في القاهرة المستشفى الشهير الذي حمل اسمه، وبنى كذلك مدرسة اندرجا في المجمع المعماري نفسه. وقد ذكر المقريزي أن السلطان المنصور قد وهب هذا المجمع بعد تشييده إلى مؤسسة الوقف في القاهرة كما في باقي أنحاء البلاد. وكان مردود هذا المجمع يبلغ مليون درهم سنوياً، وقد حدد المنصور المبالغ التي ينبغي تخصيصها لمصاريف المستشفى والضريح والمدرسة ودار الأيتام[٣٥].

إن قرار إنشاء الأوقاف المتعلقة بالمخصصات، والتي أشار إليها المقريزي، قد اكتشفه أحمد زكي باشا في الأرشيف وحلله وفسره. والقرار مؤرخ في ٢٣ ذي الحجة سنة ٦٨٤هـ (٢٠ شباط ١٢٨٥م)، وهو يعطي لائحة بالمصاريف المرتقبة لعمل المستشفى: كأجور الأطباء وأطباء العيون والجراحين وصانعي العقاقير والخدم وجميع المستخدمين، والأموال الضرورية لشراء الأدوية والطعام، واللوازم كالأسرة، والفرش والقصعات والعطور، ولإصلاح الأبنية. وهكذا استطاع هذا المستشفى، خلال قرون من الزمن بفضل المخصصات التي أغدقت عليه، استقبال المرضى المسلمين، رجالاً ونساء، أغنياء وفقراء معوزين، من القاهرة ومن الضواحي مقيمين وعابرين مهما كانت أمراضهم[٣٦].

لعبت هذه المستشفيات، من خلال وجودها بالذات، دوراً أساسياً في استيعاب وممارسة ونشر العلم الطبي. لقد نصح المعلمون الكبار الطلاب بوجوب التردد على المستشفيات كي يكملوا دروسهم بمعاينة المرضى وهو ما يساعدهم في تلقن الطب. وكان تدريس العلوم، كما ذكرنا سابقاً، يعود لمبادرة العالم الذي كان يجمع حوله بعض الطلبة، وغالباً في بيته. وقد توفرت لابن أبي أصيبعة، مؤلف **تاريخ الأطباء** المشهور، الفرصة لمتابعة دروس أحدهم، وهو الدخوار، في دمشق في أوائل القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد. ويقدم ابن أبي أصيبعة وصفاً مثيراً للاهتمام في مقالة خصصها لهذا العالم السوري البارز[٣٧]. فبعد أن يزور مرضاه في المستشفى وفي البلاط كان يجمع طلابه عنده في البيت، ويكلف أحدهم بقراءة مقالة طبية، ويتابع النص في نسخة أخرى، مصححاً القراءة عند الضرورة، ومعقباً عليها بالشرح وبالمناقشة المناسبين لقدرات الاستيعاب عند كل واحد من تلاميذه. وفي آخر حياته، جعل الدخوار من بيته، الواقع في حي الصاغة، وقفاً لكي تقام فيه مدرسة للطب؛ وخصص لصيانتها ولدفع أجور المعلمين والطلبة مداخيل أملاكه الخاصة. وأوصى بأن يحل مكانه طبيب مشهور آخر هو «الرحبي». وفي سنة ٦٢٨هـ/ ١٢٣١م أعطى هذا الأخير درساً تدشينياً أمام جمهرة من العلماء والفقهاء. وقد مارس أساتذة عديدون التدريس في هذه المؤسسة وكان يعينهم، على ما يبدو، حاكم دمشق. وقد

(٣٤) عيسى، **تاريخ البيمارستانات في الإسلام**، ص ٤٢.

(٣٥) Al - Māqrīsī, *Kitāb al - Khiṭāṭ*, vol.2, p. 406.

(٣٦) انظر قرار إنشاء الوقف المذكور عند: عيسى، المصدر نفسه، ص ١٥٤.

(٣٧) ابن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**، ص ٧٢٨ ـ ٧٣٥.

وجدت مدرستان أخريان على النموذج نفسه، وخصص «النعيمي» مؤلف **تاريخ المدارس في دمشق** فصلاً عن «المدارس الطبية»(٣٨). إن هذه المؤسسات هي دليل على التطور الكبير الذي شهدته العاصمة السورية في القرن السابع للهجرة/ الثالث عشر للميلاد؛ وهي تبرز اهتمام الأمراء الأيوبيين ثم المماليك بمتابعة تقليد الحكام نصراء العلم. كما تظهر أن الطب، المعتبر كعلم مفيد للغاية، قد عرف نظاماً خاصاً وأن تدريسه قد انتشر أكثر من بقية العلوم لغايات عملية.

المستشفيات وتدريس الطب

لهذا السبب أصبحت المستشفيات، أو على الأقل الكبرى منها، وبإرادة مؤسسيها أنفسهم، مراكز لتلقن مهنة الطب. وهكذا أهدى نور الدين لمستشفى دمشق مكتبة رائعة متخصصة لتعزيز التدريس فيها. وقد ذكر ابن أبي أصيبعة أنشطة طبيب سوري لامع من القرن السادس للهجرة/ الثاني عشر للميلاد يدعى أبو المجد بن أبي الحكم. كان يعاين المرضى في المستشفى وينتقل إلى البلاط للاعتناء بكبار القصر، وقد مارس هذا الطبيب التدريس في إيوان البيمارستان حيث كان الطلبة والأطباء يتحلقون حوله لدراسة ومناقشة مسائل طبية. وقد أهدى نور الدين عدداً كبيراً من المؤلفات الطبية إلى مكتبة هذا المستشفى(٣٩).

لقد ترك كاتب السير هذا ذكرى الكثير من الأطباء المشهورين الآخرين الذين درسوا في هذا المستشفى الدمشقي. ونعلم كذلك من المقريزي بأن المستشفى المنصوري في القاهرة كان يضم مكاناً يجلس فيه رئيس الأطباء لإعطاء دروس في الطب(٤٠). وهذا ما يؤكد وجود مرسوم تعيين المدعو مهذب الدين، وهو طبيب رئيس، كأستاذ مرتبط بهذه المؤسسة(٤١). وفي هذه الوثيقة الرسمية يهنىء الحاكم نفسه لقيامه بالجهاد ويضع في إطار هذا النشاط المتشدد تسمية الأساتذة لتدريس العلوم الطبية والفقه والحديث والقرآن. إن مثل هذه الإجراءات تدعو إلى التفكير بأن الطب، كمادة علمية ومادة للتدريس، قد فقد مكانه بين العلوم القديمة لكي يندمج مع الثقافة الإسلامية كعلم تطبيقي ومفيد. وإنشاء الأوقاف بأعداد كبيرة لمصلحة المستشفيات يؤكد هذا التطور.

---

(٣٨) انظر: Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West,* p. 313, note (38).

(٣٩) ابن أبي أصيبعة، المصدر نفسه، ص ٦٢٨.

(٤٠) Al - Maqrīsī, *Kitāb al - Khiṭāṭ,* vol.2, p. 406.

(٤١) انظر النشرة العربية لـ: محيي الدين بن عبد الزاهر، **تشريف الأيام والعصور: سيرة الملك المنصور** (القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦١)، ص ٢٢٨ ـ ٢٣٠. وترجم في: Françaisе Micheau, «La Formation des médecins arabes au Proche-Orient (Xe-XIIIe siècles),» dans: *Les Entrées dans la vie: Initiations et apprentissages, XIIe congrès de la société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public* (Nancy: [s.n.], 1981), pp.123-125.



الصورة رقم (٢٩ ـ ١)

ديوسقوريدس، كتاب الحشائش (اسطنبول، مخطوطة أحمد الثالث، ٢١٢٧).

تمثل هذه الصورة أطباء يعلّمون.

المرصدان الكبيران في مراغة وسمرقند

سجل القرن الخامس للهجرة/ الحادي عشر للميلاد ظهور مؤسسات طموحة ومكلفة في مجال علم الفلك؛ لكنها بخلاف المستشفيات، تبقى استثنائية. وأحد هذه المراصد أسسه الوزير الفاطمي «الأفضل» سنة ٥١٣هـ/ ١١١٩م.، وهو يسترعي انتباهنا بادىء ذي بدء. ونحن ندين، في الواقع، للمقريزي الذي ترك لنا وصفاً مفصلاً للتقلبات التي عرفها إنشاء هذا المرصد، منها الفشل المتكرر في صهر النحاس، والعزم على صناعة آلات كبيرة الحجم للحصول على دقة أكبر في القياسات، والتردد في تحديد موضع الدائرة الكبرى، وإهمال هذا المشروع بعد موت الوزير الأفضل، ثم معاداة الشعب لهذا المشروع[٤٢]. إن جميع هذه المصاعب التي واجهت هذا المشروع الضخم تدعو إلى الاعتقاد بأن هذا المرصد لم يكن في ذلك العصر مؤسسة معروفة ومتكاملة.

أما المرصدان اللاحقان في مراغة وفي سمرقند فكانا بالمقارنة مع المرصد السابق ناجحين، إذ أثبتا في آن معاً نهاية الأبحاث العشوائية السابقة وتطور علم الفلك المدعوم من بعض الحكام الذين استهواهم، بلا شك، علم التنجيم.

لقد شيد في مراغة، وهي مدينة في آذربيجان قرب بحيرة أرميا، مرصد كبير وما زلنا نستطيع في الوقت الحاضر رؤية جدران هذه المؤسسة. وترجع المبادرة في بناء هذا المرصد إلى هولاكو، حفيد جنكيز خان، الذي استولى على بغداد ونهبها سنة ٦٥٦هـ/ ١٢٥٨م. والتناقض بين صورتين لهولاكو يثير الدهشة، فالأولى هي لقائد الجيوش المغولية المدمرة، والثانية هي لحامي العلوم. وفي الواقع، بعد أن مرت موجات العنف والتدمير واستتبت سيطرة الغزاة في الشرقين الأدنى والأقصى، استوعب المغول بسرعة لغة الشعوب الخاضعة لهم ودينهم وثقافتهم. ثم طوروا بدورهم حضارة لا تزال إلى حد بعيد مجهولة من المؤرخين الذين يفضلون ذكر المراحل العسكرية والسياسية للملحمة المغولية.

لكن اهتمام هولاكو الأكيد بالعلوم، وبخاصة التنجيم، جعله يضم إلى حاشيته نصير الدين الطوسي أحد أكبر الفلكيين والرياضيين الذين عرفهم الإسلام. وكان هذا العالم قد التجأ إلى مركز الحشاشين في قلعة ألموت، فجاء هولاكو إليها مفتشاً عنه لكي يكلفه بإنشاء مرصد. وهكذا ابتدأ العمل في العام ٦٥٧هـ/ ١٢٥٩م واستمر عدة سنوات، وكانت الكلفة باهظة الثمن، الأمر الذي جعل نصير الدين مضطراً، أكثر من مرة، لتبرير هذه التكاليف. إن الأبنية الضخمة، الواقعة على هضبة قريبة من مدينة مراغة، قد امتدت على مساحة طولها

(٤٢) Al-Maqrīsī, Ibid., vol.1, pp. 125-128; traduction française partielle par U. Bouriant et P. Casanova, *Description topographique et historique de l'Egypte*, pp. 366-369.

٣٥٠ متراً وعرضها ١٥٠ متراً. وقد أشارت النصوص التي تصف المركز بإعجاب إلى قبة مثقوبة في رأسها للسماح بدخول ضوء الشمس إلى مكتبة حوت أربعين ألف مجلد كانت الجيوش المغولية قد استولت عليها في إيران وسوريا وبلاد ما بين النهرين. إن معلوماتنا الأكثر دقة تتعلق بالأجهزة التي كانت مستعملة في ذلك المرصد لأن صانعها العُرضي كتب مقالة صغيرة حول هذا الموضوع. لكن ومرة أخرى لا تسمح مصادرنا بإعطاء صورة دقيقة عن هذه المؤسسة وعن عملها. وقد تم التوصل خلال اثنتي عشرة سنة من الأرصاد والحسابات، إلى وضع «الجداول الإيلخانية» باللغة الفارسية حيث انتهى العمل بها سنة ٦٦٩هـ/ ١٢٧١م، إلا أن مسألة متابعة هذه الأعمال الأولى وإعداد جداول جديدة تبقى غامضة. لقد ارتبط عدد كبير من العلماء بهذا المرصد تحت إدارة نصير الدين الطوسي وحتى وفاته سنة ٦٧٢هـ/ ١٢٧٤م، ثم تحت إدارة أولاده من بعده. إننا نعرف نحو عشرين عالماً منهم، وبعضهم، كفخر الدين الأخلاطي، القادم من آسيا الصغرى، اشتغل في مراغة خلال كل حقبة نشاط هذه المؤسسة. وكان هناك تقليد رغب أصحابه بأن ينضم فلكيون صينيون إلى المرصد وأن يحملوا معهم بعض معارفهم في الطرق الصينية لحساب الأعياد. وكان مرصد هولاكو، بفضل فريقه العلمي المهم ومكتبته الواسعة، مؤسسة بحث فلكي، وفي الوقت نفسه أكاديمية تعقد فيها الاتصالات العلمية ومركزاً لتعليم الطلبة. ويروى أن طلبة نصير الدين كانوا حوالى مئة طالب. لكننا نجهل كيف كان هذا التدريس منظماً. وقد قيل إن أبا الفرج كان يعلم في مراغة كتاب **الأصول** لإقليدس سنة ٦٦٨هـ/ ٢٧٠م وكتاب **المجسطي** لبطلميوس سنة ٦٧٠هـ/ ١٢٧٢م. ولكنه لم يتحدد ما إذا كانت هذه الدروس تعطى بالعربية في المرصد أو بالسريانية في دير المدينة، وهاتان الفرضيتان ممكنتان.

مرصد مراغة هو المرصد الأول في العالم الإسلامي الذي استفاد من ريع الأوقاف، وهذا ما أثار، كما يبدو، بعض الاحتجاجات لأنه لم يكن يشكل مؤسسة دينية أو خيرية. وهكذا فإن هذه المؤسسة، وبفضل هذه المخصصات لم تكن لتتأثر بموت مؤسسها سنة ٦٦٣هـ/ ١٢٦٥م، واستمر نشاطها على الأقل حتى أوائل القرن الثامن للهجرة/ الرابع عشر للميلاد، والدليل على ذلك أن أحد أبناء نصير الدين كان قد عين مديراً للمرصد سنة ٧٠٤هـ/ ١٣٠٤م. ولكن بعد ذلك بثلاثة عقود لم ير الجغرافي حمد الله القزويني منه سوى الأنقاض.

مع ذلك كان ينبغي على هذه الأطلال أن تكون مؤثرة، إذ إنها أوحت إلى الفتى ألغ بك عندما زارها بإنشاء مرصد مماثل في سمرقند بعدما أصبح حاكم ترانس أوكسيانيا. وقد عرفت هذه العاصمة في القرن التاسع للهجرة/ الخامس عشر للميلاد تحت حكم السلاطين التيموريين تطوراً ثقافياً وفنياً جعل منها المركز الأكثر ازدهاراً في كل الشرق الأدنى. أما ألغ بك، حفيد تيمورلنك، وإن لم يكن عالماً كبيراً فقد كان على الأقل أميراً مولعاً بالعلوم، يحب

أن يكون محاطاً بالعلماء وأن يناقش معهم مسائل علمية.

ولإعداد جداول فلكية جديدة أقام ألغ بك مرصداً سنة ٨٢٣هـ/ ١٤٢٠م على الأرجح. وقد اكتشفت آثاره سنة ١٩٠٨م على رابية في الضواحي الشمالية الشرقية للمدينة على يد عالم الآثار الروسي ف. ل. فياتكين. وبعد الحرب العالمية الثانية جاءت حملة تنقيب ثانية حصلت على نتائج مثيرة للاهتمام، وقد نشرت بالروسية تحت رعاية أكاديمية العلوم الأوزبكية، وأفضت إلى ترميم القسم المتبقي، وهو بشكل أساسي جزء مزولة[٤٣] كبيرة كانت تستعمل لتحديد ارتفاع الشمس بواسطة طول الظل. كما ترى أيضاً بقايا بناء ذي شكل أسطواني، لكن تصميمه الداخلي معقد؛ وزخرفة المربعات المطلية بالميناء شبيهة بزخرفة «مدرسة» المدينة التي شيدت في العصر نفسه. ونعلم من عبد الرزاق أن المكان كان يحتوي على تمثيل للكرات السماوية العشر مع الدرجات والدقائق والثواني وأعشار الثواني، وللكرات الدورانية، وللكواكب السيارة السبعة، وللنجوم الثابتة وللكرة الأرضية مع المناخات والجبال والبحار والصحاري. . . الخ. لكن الكلمات التي استعملها الكاتب الفارسي تجعلنا نفكر بأن المقصود ليس كرات، كما هي الحال في مراغة، بل خرائط ولوحات جدارية. إن مرصد سمرقند يمكن اعتباره كأهم المراصد في القرون الوسطى الإسلامية. وكما هو الحال في مراغة، فقد ارتبط به عدد كبير من العلماء الذي اجروا أرصاداً خلال ثلاثة عقود من الزمن وبذلوا جهداً ضخماً توصلوا فيه إلى وضع جداول سنة ٨٤١هـ/ ١٤٣٧م عرفت أيضاً بـ «الجداول الإيلخانية». وهي تشكل نتائج عمل جماعي مهم، لكنها لا تحتوي على أي بحث جديد في علم الفلك. وقد استعملت بشكل واسع، وهناك حوالى مئة نسخة عنها لا تزال موجودة إلى الوقت الحاضر.

ومرة أخرى، فإن شح المصادر وغياب أية دراسة أحادية الموضوع دقيقة لا يسمحان لنا بتصور طريقة عمل هذه المؤسسة. ونجهل بشكل خاص طريقة تمويلها، ولا نعرف إذا كانت تقوم بتدريس ما، كما لا نعلم عن موضع مكتبة ألغ بك، فهل كانت في قصره أم ملحقة بالمرصد؟ ومن بين رجال العلم الذين اشتهروا في سمرقند، لعب قاضي ـ زاده دوراً مهماً لأنه كان يدير المدرسة. ويبدو أن دروساً في الرياضيات وعلم الفلك والطب كانت تعطى فيها، ويروى أن ألغ بك نفسه كان يحضر رغبة منه بالاشتراك في المناقشات. غير أن الروابط بين هاتين المؤسستين، أي المدرسة والمرصد، ليست واضحة ومن الصعب تحديد مهمة المدرسة بدقة في نشر العلوم الدقيقة.

غير أن شهادة للعالم الفلكي الكاشي تسلط بعض الأضواء على هذا الوسط العلمي الذي كان ناشطاً جداً. فبعد أن عاش حياة تشرد وفقر بحثاً عن حماية مالية استقر في

---

(٤٣) ساعة شمسية.

سمرقند، حيث بعث رسالة لأبيه القاطن في كاشان[٤٤]. ويفتخر فيها مسروراً بانتصاراته المهنية، ويؤكد أنه نال فوراً إعجاب الجميع. ويروي أنه عندما أتى إلى سمرقند وكان المرصد في طور البناء وجد جميع الأجهزة المصنعة لهذا المرصد قائمة على تصور خاطىء، الأمر الذي اضطره إلى صنع غيرها. وكان مساعدو ألغ بك العديدون المحيطون به يثيرون احتقاره باستثناء قاضي ـ زاده. وبالمقابل كانت كل مدائحه موجهة إلى الأمير ألغ بك حاميه الجديد، فأشار إلى علمه ومعارفه في الرياضيات وعلم الفلك، ودوره في تطور العلوم. لكن هذا الاهتمام الذي أبداه ألغ بك يبقى من دون تفسير؛ ومهما يكن من الأسباب المتنوعة المقدمة، يبقى مؤكداً أنه أتاح مناخاً من المناقشة الحرة، مشتركاً بنفسه في الاجتماعات العلمية المتكررة التي كان يحلو للكاشي أن يعقدها. وعند قراءة رسالة الكاشي يتبين أن الحركة الفكرية في القرن التاسع للهجرة/ الخامس عشر للميلاد كما في القرن الثالث للهجرة/ الثامن للميلاد كانت ترتبط مباشرة برعاية الأمير. وقد وضع موت ألغ بك سنة ٨٥٣ هـ/ ١٤٤٩ م حداً لنشاط المرصد، وهذا ما اضطر القوشجي، وهو آخر عالم فلك عمل فيه، إلى ترك سمرقند والانتقال إلى القسطنطينية.

إن النتائج واضحة. إذن، كان هناك عمل ضخم في مجال الأرصاد الفلكية، فالمراصد بوصفها مؤسسات متخصصة كانت قليلة العدد، والسبب في ذلك من دون شك هو أنها لم تعتبر إلا استثنائياً كمؤسسات خيرية أو دينية، بخلاف بقية المؤسسات العلمية والثقافية الأخرى كالمكتبات والمدارس والمستشفيات والجوامع، التي كانت الأوقاف تؤمن لها مكاناً في المجتمع والحضارة الإسلامية في القرون الوسطى.

يستدعي التطور الذي رسمناه في الصفحات السابقة بعض الملحوظات الختامية. فالعلوم الدقيقة لم تستفد إلا قليلاً من اندماج المؤسسات الجديدة والتعليم الرسمي في اللوحة المدينية في المجتمع التقليدي؛ ومما لا شك فيه أيضاً أن انتقال هذه العلوم كان في تناقص مستمر. فالمستشفيات وحدها، وبصفتها أعمالاً خيرية، عرفت انتشاراً واسعاً، وكذلك كانت الحال بالنسبة إلى الطب بصفته علماً مفيداً. أما بعض الاستثناءات البارزة كمرصدي مراغة وسمرقند فهي لا تغير شيئاً في رسم هذه اللوحة.

إلا أن أقطاراً أخرى، لم نأت على ذكرها في هذا الوصف، كتركيا والمغرب والأندلس، قد عرفت تاريخاً مختلفاً. وفي حين شهدت آسيا الصغرى السلجوقية إنشاء عدد كبير من المؤسسات الدينية والخيرية، وفي حين كان هذا التقليد شائعاً في الأراضي الخاضعة للسيطرة التركية، فإن الغرب الإسلامي حافظ على نشاط علمي متنوع ومستقل عن أية

(٤٤) انظر: Edward Stewart Kennedy, «A Letter of Jamshīd al-Kāshī to His Father: Scientific Research and Personalities at a 15th Century Court,» *Orientalia* (N. S.), vol. 29 (1960), pp. 191 - 213.

مؤسسة. لكننا لا نجد فيه أي مرصد جدير بحمل هذا الاسم؛ ولم يترسخ نظام المدارس إلا متأخراً؛ كما أن أول مستشفى شيد في إسبانيا كان في غرناطة سنة ٧٦٨هـ/ ١٣٦٦م. إن هذه الإثباتات، على الرغم من كونها سريعة تنطوي على أهمية كبيرة لأن إسبانيا تمثل مركز الاتصالات الثقافية بين الإسلام وأوروبا المسيحية؛ وهذا ما يفرض علينا أن ننظر بعين جديدة إلى تأثيرات المؤسسات العلمية العربية في نظيراتها الغربية، وهي مسألة لا ندعي التطرق إليها في هذا البحث(٤٥). ولتفسير هذا التنوع الكبير الذي نلاحظه في الزمان والمكان، يجب أن نتساءل عن المكان الذي احتلته العلوم الدقيقة في المجال الثقافي العربي الإسلامي، وعن العلاقات التي كانت تقيمها السلطات الحاكمة المختلفة مع حقل المعرفة هذا. وتاريخ العلوم الذي سيتطرق إلى هذه المعضلة ليفيها حقها، ينبغي القيام به بشكل دقيق وشامل(٤٦).

---

(٤٥) حول نقد النموذج الإسلامي في نشوء وتطور المستشفيات في الغرب اللاتيني، انظر: Danielle Jacquart et Françoise Micheau *La Médecine arabe et l'occident médiéval* (Paris: Maisonneuve et Larose, 1990), pp. 243 - 251.

(٤٦) حول المصادر، انظر: Muḥammad Ibn Isḥāq Ibn al - Nadīm, *Kitāb al-Fihrist,* mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller, 2 vols. (Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871 - 1872); édité par: Rida Tajaddud (Téhéran: [s. n.], 1391/1971); traduction anglaise par: Bayard Dodge, ed. and tr., *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture,* Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83, 2 vols. (New York: Columbia University Press, 1970); Micheau, «Hommes de sciences au prisme d'Ibn al - Qifṭī», pp.81-106;

صاعد الأندلسي، «كتاب طبقات الأمم»؛ القفطي، **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**؛ القلقشندي، **صبح الأعشى في كتابة الإنشا**؛ ابن أبي أصيبعة، **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**؛ أبو العباس أحمد بن علي المقريزي، **كتاب الخطط**، (القاهرة: بولاق، ١٨٥٣ ـ ١٨٥٥)، و Yāqūt al-Ḥamawī, *Irshād al-arīb ilā ma'rifat al - adīb; or, Dictionary of Learned Men of Yāqūt.*

حول التعليم والمدارس، انظر: Talas, *L'Enseignement chez les arabes: La Madrasa Nizāmiyya et son histoire;* Aydin Mehmed Sayili, «The Institutions of Science and Learning,» (Thesis, Harvard University, 1941); Ahmad Shalaby, *History of Muslim Education* (Beirut: Dar al - Kashshaf, 1954), and Arthur Stanley Tritton, *Materials on Muslim Education in the Middle Ages* (London: Luzac, 1957).

حول المراصد، انظر: A. Jourdain, *Mémoire sur l'observatoire de Méragah et sur quelques instruments employés pour y observer* (Paris: [s. n.], 1870); Sayili, *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory;* Kennedy, «A Letter of Jamshīd al-Kāshī to His Father: Scientific Research and Personalities at a 15th Century Court,» pp. 191-213; D.Brandenburg: «Die alten Sternwarten der Mohammedaner,» *Deutsches Ärzteblatt,* Bd. 68 =

= (1971), pp. 116-119 and 189-191, and *Samarkand: Studien zur Islamischen Baukunst in Uzbekistan (Zentralasien)* (Berlin: [n. pb.], 1972); Sami Khalaf Hamarneh, «Medical Education and Practice in Medieval Islam,» paper presented at: O'Malley, ed., *An International Symposium... 1968* (1970), pp. 39 - 71; Dominique Sourdel, «Réflexions sur la diffusion de la Madrasa en orient du XI[e] au XIII[e] siècle,» papier présenté à: Colloques internationaux de la Napoule: Islam et occident au moyen âge, I. L'Enseignement en Islam et en occident au moyen âge (1976), édité dans: *Revue des études islamiques*, vol. 44 (1976), pp. 165 - 184; Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West;* Micheau, «La Formation des médecins arabes au Proche - Orient (X[e]- XIII[e] siècles),» pp.105-125; Vajda, *La Transmission du savoir en Islam (VIII[e] - XVIII[e] siècles)*, and

البشير الزريبي وإبراهيم النجار، **الفكر التربوي عند العرب** (تونس: الدار التونسية، ١٩٨٥).

حول الطب والمستشفيات، انظر: Leclerc, *Histoire de la médecine arabe: Exposé complet des traductions du grec, les sciences en orient, leur transmission à l'occident par les traductions latines.*

انظر أيضاً: عيسى، **تاريخ البيمارستانات في الإسلام**؛ Sh. Inayatullah, «Contributions to the Historical Study of Hospitals in Medieval Islam,» *Islamic Culture*, vol. 18, no. 1 (1944), pp.1-14; Sami Khalaf Hamarneh, «Development of Hospitals in Islam,» *Journal of the History of Medicine*, vol.17 (1962), pp. 366-384; J. Christoph Bürgel, «Die Wissenschaftliche Medizin im Kräftefeld der Islamischen Kultur,» *Bustan* (1967), pp. 9-19; Terzioglu, «Mittelalterliche Islamische Krankenhäuser»; pp. 47-76; Najet el-Khatib, «Les Hôpitaux dans l'Islam médiéval en Irak, en Syrie et en Egypte,» (Thèse de 3[ème] cycle, Paris, 1976) (dactylographiée); Dols, «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality,» pp. 367-390; Jacquart et Micheau, *La Médecine arabe et l'occident médiéval*, et D. M. Dunlop, G. S. Colin et Bedi N. Sehsuvaroglu, «Bīmāristān,» dans: *Encyclopédie de l'Islam*, 6 vols. parus, 2[ème] éd. (Leiden: E. J. Brill, 1960 -), pp. 1259 - 1262.

حول المكتبات، انظر: Olga Pinto, «Le Biblioteche degli Arabi nell' età degli Abassidi,» *Bibliofilia*, vol. 30 (1928), pp. 139 - 165; english translation from the italian by F. Krenkow, «The Libraries of the Arabs during the Time of the Abbasides,» *Islamic Culture*, vol. 3 (April 1929), pp. 210 - 243; Ruth S. Mackensen: «Background of the History of Moslem Libraries,» *American Journal of Semitic Languages and Literatures*, vol. 51 (January 1935), pp. 114 - 125 and vol. 52 (October 1935 - January 1936), pp. 22-33 and 104-110; «Four Great Libraries of Medieval Baghdad,» *Library Quarterly*, vol.2, no.3 (July 1932), pp. 279-299, and «Moslem Libraries and Sectarian Propaganda,» *American Journal of Semitic Languages and Literatures*, vol. 51 (January 1935), pp. 83-113; Sh. Inayatullah, «Bibliophilism in Medieval Islam,» *Islamic Culture*, vol. 12, no. 1 (1938), pp. 155-169; Wiet, «Recherches sur les bibliothèques égyptiennes aux X[e] et XI[e] siècles,» pp. 1-11; Eche, *Les Bibliothèques arabes publiques et semi - publiques en Mésopotamie, en Syrie et en Egypte au moyen âge;* Balty - Guesdon, «Le *Bayt al - ḥikma* de Baghdad,» pp. 131-150; Françoise Micheau, «Au Proche - Orient, les parfums du savoir,» *La Bioliothèque, miroir de l'âme, miroir du monde, autrement*, vol. 121 (avril 1991), pp. 47 - 54; Dominique Sourdel: «Bayt al-ḥikma,» vol. 2, p. 1175 et «Dār al-'ilm et Dār al - ḥikma,» vol. 2, p. 130, dans: *Encyclopédie de l'Islam;*

محمد ماهر حمادة، **المكتبات في الإسلام: نشأتها وتطورها ومصائرها** (بيروت: [د. ن.]، ١٩٨١)، وسعيد الديوهجي، **بيت الحكمة** (الموصل: [د. ن.]، ١٩٧٢).

ـ ٣٠ ـ
تصنيـف العلـوم

جان جوليفه(*)

نجد في تنوع الكتابات العربية أشكالاً عديدة لتصنيف العلوم، والأجدر بنا عندئذ أن نقول «المعارف»، وذلك لكي نستخدم مصطلحاً يكون امتداده الأكثر اتساعاً مطابقاً بشكل أفضل لامتداد كلمة «علم». وقد يكون هذا التصنيف تصنيف أمين مكتبة أو بائع كتب، كما في **فهرست** ابن النديم[1]، أو واضع معاجم متخصص، كما في **مفاتيح العلوم** للخوارزمي الكاتب[2]؛ أو تصنيف فقيه: فالغزالي قسم العلوم في مؤلفه **إحياء علوم الدين** إلى قسمين:

أ ـ «علم المعاملة» وهو علم علاقات البشر مع الله.

ب ـ «علم المكاشفة»[3].

(*) مدير أبحاث في المعهد التطبيقي للدراسات العليا ـ باريس.
قام بترجمة هذا الفصل شكر الله الشالوحي.

(١) Muḥammad Ibn Isḥāq Ibn al-Nadīm, *Kitāb al-Fihrist,* mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller, 2 vols. (Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871 - 1872); édité par: Rida Tajaddud (Téhéran: [s. n.], 1391/1971); traduction anglaise par: Bayard Dodge, ed. and tr., *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture,* Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83, 2 vols. (New York: Columbia University Press, 1970).

(٢) انظر: Abū Abd Allāh Muḥammad Ibn Ahmad al - Kuwārizmī, *Liber mafātīh al - olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jusof al-Kātib al-Khowarezmi,* edidit et indices adjecit G. Van Vloten (Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1895), réimprimé (Leiden: E. J. Brill, 1968).

(٣) يستعيد لاحقاً تقسيم العلوم مدخلاً إليها العلوم غير الدينية من وجهة نظر الفرض الشرعي المتعلق =

إنها تصنيفات نستطيع القول بأنها متزامنة في ما تقترحه من نظام، فضفاض إلى حد ما، لعلوم يتم النظر إليها من خلال علاقاتها المتبادلة. ويصنف آخرون هذه العلوم وفقاً للتطور اللغوي تبعاً لعدد المراحل التي يقطعها اكتساب متدرج أو عملية تربوية: وهذا ما قام به ابن حزم في التصنيف الأول من مؤلفه **مراتب العلوم**(٤)؛ فقد حدد برنامج دروس يبدأ في سن الخامسة باللغة والقرآن ويستمر حتى اكتساب نوع من العلم العقلاني للدين. وتعكس جميع هذه التصنيفات معتقدات المجتمع الرئيسة وتميل إلى إعادة إنتاجها في المكان الذي تكونت فيه، وكذلك الأمر بالنسبة إلى اتجاهات المجتمع الثقافية الكبرى. وهذا أمر بدهي عندما تكون التصنيفات دينية وتربوية، غير أنه صحيح أيضاً بالنسبة إلى التصنيفات الأخرى، وإن يكن بشكل آخر: إذ إن **الفهرست** و**مفاتيح العلوم** يتضمنان الفهرس نفسه تقريباً، الذي يبدأ بالعلوم الإسلامية التقليدية ويتابع بالعلوم ذات الأصل الخارجي. وتحكم نفس البنية العامة تصنيفات علماء الموسوعات كإخوان الصفاء(٥) وتصنيفات مؤرخ كابن خلدون(٦). ومن البدهي أننا لا نأخذ في هذا المجال جميع هذه الأصناف المتنوعة، لكننا

= بها أو غير المتعلق، انظر: Louis Gardet et Georges C. Anawati, *Introduction à la théologie musulmane: Essai de théologie comparée,* études de philosophie médiévale; XXXVII (Paris: Vrin, 1948), pp. 113 - 121,

حيث نجد بيانات تصنيفية عدة؛ انظر أيضاً: Georges C. Anawati, «Classification des sciences et structure des *Summæ* chez les auteurs musulmans,» *Revue des études islamiques,* vol. 44 (1976), pp. 61 - 70;

وكذلك تصميم «موسوعات» عدة، في: Francis E. Peters, *Aristoteles and the Arabs: The Aristotelian Tradition in Islam,* New York University Studies in Near Eastern Civilization; no. 1 (New York: New York University Press, 1968), pp. 105 - 118, and George Makdisi, *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West* (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1981), chap. 2, I and II.

(٤) انظر النص، في: Anwar G. Chejne, *Ibn Ḥazm* (Chicago: [n. pb.], 1402 A.H./1982 A.D.), pp. 216 - 251;

ترجمة إنكليزية، ص ١٩٠ ـ ٢١٤.

(٥) انظر: Yves Marquet, *La Philosophie des Ihwān as-ṣafā': L'Imam et la société* (Alger: [s.n.], 1975), pp. 295 - 313.

(٦) الترجمة الفرنسية الأكثر حداثة، لـ **مقدمة ابن خلدون** هي ترجمة فنسنت مونتاي، انظر:

Ibn Khaldūn, *Al-Muqaddima, Prolégomènes d'Ebn - Khaldoun,* texte arabe publié d'après les manuscrits de la bibliothèque impériale par M. Quatremère (Paris: Institut impérial de France, 1858); traduction française par Vincent Monteil, *Discours sur l'histoire universelle (al - Muqaddima),* 3 vols. (Beyrouth: Commission internationale pour la traduction des chefs - d'œuvre, 1967), réimprimé (Paris: Sindbad, 1978); english translation by Franz Rosenthal, *The Muqaddimah: An Introduction to History* (New York: [n. pb.], 1987).

سنعرض فقط تلك التي تميل إلى الانتظام في ترتيب نابع من طبيعتها بالذات كمجموعة معارف هي علوم بالمعنى الذي استخدمت فيه هذه الكلمة على امتداد هذا البحث.

ـ ١ ـ

والتصنيف الذي يستوقفنا أولاً هو للفيلسوف والعالم الشمولي الأول في الإسلام، أي لأبي يوسف يعقوب بن إسحاق الكندي في القرن الثالث للهجرة/ التاسع للميلاد. لقد أحصى **الفهرست** من إنجازه الغزير حوالى مئتين وخمسين مؤلفاً[٧]، ولم يبق لنا منها سوى العشرة تقريباً. لكننا نعرف سواء بالقراءة المباشرة أو بغيرها، أنه كتب في الفلسفة والمنطق وفي مختلف العلوم الرياضية والطب وعلم الأرصاد الجوية وغيرها. . . وبالاختصار فقد كتب في مواد يونانية أساساً؛ كما اهتم بالشريعة الإسلامية ولكن بنسبة أقل.

بالإضافة إلى ذلك، فمن بين عناوين كتب الفلسفة هناك أربعة منها تهمنا، وبخاصة في موضوع بحثنا، وهي حسب ترتيب النص:

١ ـ كتاب رسالته في أنه لا تنال الفلسفة إلا بعلم الرياضيات.

٢ ـ كتاب ترتيب كتب أرسطوطاليس.

٣ ـ كتاب في ماهية العلم وأقسامه.

٤ ـ كتاب أقسام العلم الإنسي.

لقد وصل إلينا الكتاب الثاني فقط، بعنوان مختلف قليلاً، ويحوي على إيضاحات، من المحتمل أن تكون حول ما تضمنته المؤلفات الثلاثة الأخرى؛ ولا سيما أنه عرض موسع لما اعتقده الكندي بصدد تصنيف العلوم.

عنوان هذا المؤلف هو، إذن، **رسالة حول عدد كتب أرسطوطاليس وما يُحتاج إليه في تحصيل الفلسفة**[٨]. ولنر أولاً كيف توزعت الأقسام المتنوعة في هذا المؤلف، بحيث ان كل

---

(٧) Ibn al - Nadīm, *Kitāb al-Fihrist*, édition Flügel, vol. 1, pp. 255 - 261; édition Tajaddud, pp. 315 - 320, et édition Dodge, *The Fihrist of al - Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture*, vol. 2, pp. 615 - 622.

(٨) انظر: Abū Yussef Yāqub Ibn Isḥāq al-Kindī, «Studi su al - Kindi. I: Uno scritto introduttivo allo studio di Aristotele,» edited by M. Guidi and R. Walzer, Memorie della Classe di Scienze Morali Storiche e Filologiche; 6, in: *Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei*, vol. 334 (1940), pp. 375 - 419, and

أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندي، **رسائل الكندي الفلسفية**، تحقيق وتقديم محمد عبد الهادي أبو ريدة، =

واحد منها يحوي عناصر ينبغي أن نتوقف عندها.

أ ـ يعدد الكندي كتب أرسطو، بعد كلمة موجهة إلى شخص لا يسميه؛ وما يثير الاهتمام أكثر من غيره هو التصنيف الذي يعطيه، فهناك كتب المنطق وكتب الطبيعيات[(٩)]، والكتب حول الروح (إنه لم يذكر كلمة روح بل يقول: «فيما كان مستغنياً عن الطبيعة، قائماً بذاته غير محتاج إلى الأجسام فإنه يوجد مع الأجسام مواصلاً لها»)، وكتب علوم الدين، (بالمعنى الأرسطي؛ ويستعمل الكندي هنا أيضاً تورية يقول فيها: «فيما لا يحتاج إلى الأجسام ولا يواصلها البتة» من دون تسمية هذا العلم)؛ ثم يضيف لاحقاً كتب الأخلاق و«كتب كثيرة في كثير من الأشياء الجزئية»[(١٠)].

ب ـ ثم يوسع ملحوظة كان قد ذكرها سريعاً قبل إعطائه هذا التعداد؛ وحسب رأيه يجب الابتداء بعلم الرياضيات، أي وفق الترتيب التالي: علم الحساب، ثم الهندسة، ثم علم الفلك، وأخيراً الموسيقى[(١١)].

ج ـ تتألف مجموعة الأمور المطلوب معرفتها من علم المادة وصفاتها، وهو نفسه مشروط بعلم الكمية والنوعية، وهما صفتا المادة التي تتفرع عنها كل الصفات الأخرى؛ وقوام الفلسفة هو في هذا العلم[(١٢)].

د ـ يختلف علم الفلاسفة، أو العلم الإنساني، عن علم الأنبياء، أو العلم الإلهي، والاختلاف يتمثل في أن النبي يتلقى من الله مباشرة معرفة تتطلب من الفيلسوف الكثير من الوقت والعناء[(١٣)].

هـ ـ والعلم الإنساني نظراً لكونه فوق المعرفة البسيطة الحسية، يتطلب معرفة الكمية

= ٢ ج (القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣)، ص ٣٦٣ ـ ٣٨٣. يتطرق الكندي أيضاً في مقالات أخرى إلى مسألة تصنيف العلوم، انظر: A. Cortabarria - Beitia, «La Classification des sciences chez al-Kindī,» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire,* vol. 11 (1972), pp. 49 - 76.

(٩) الطبيعيات هنا تعني الفيزياء. (المترجم).

(١٠) الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٦٤ ـ ٣٦٩، و Al-Kindī, Ibid., pp. 390 - 393 and 404 - 407, (المستند الأول هو النص، والثاني هو الترجمة الايطالية). نشير إلى أن علم الروح منفصل عن الطبيعيات، وهذا يرجع إلى مدرسة أثينا؛ انظر: Al-Kindī, Ibid., pp. 379 - 380, and Richard Walzer, *Greek into Arabic: Essays on Islamic Philosophy,* Oriental Studies; v. 1 (Oxford: Bruno Cassirer, 1962), pp.201 - 202.

(١١) الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٦٩ ـ ٣٧٠، و Al - Kindī, Ibid., pp. 394 and 407 - 408. ترتيب العلوم الرياضية هو هنا كترتيب **الجمهورية** لأفلاطون.

(١٢) الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٧٠ ـ ٣٧٢، و Al-Kindī, Ibid., pp. 394 - 395 and 408 - 409.

(١٣) الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٧٢ ـ ٣٧٦، و Al-Kindī, Ibid., pp. 395 - 397 and 409 - 412.

ومعرفة النوعية؛ وترتكز الأولى على «صناعة العدد»[١٤]، أي علم الكمية الذي يؤخذ على حدة، وعلى «علم التأليف»، أي علم النسب بين الأعداد وتركيباتها. أما الثانية فإنها ترتكز على الهندسة التي هي علم النوعية الثابتة، وعلى علم الفلك الذي هو علم النوعية المتحركة، أي علم صورة العالم وحركات الأجسام التي يتشكل منها. لكن الترتيب المتبع في دراسة هذه العلوم هو وفق التعقيد التدريجي لمواضيع هذه العلوم: لذلك فالترتيب هو على الشكل التالي: علم الحساب، ثم الهندسة، فعلم الفلك، وأخيراً «علم التأليف»[١٥].

و ـ يجب، إذن، أن ندرس تباعاً كتب الرياضيات في الترتيب الذي ذكرناه، ثم كتب المنطق؛ ومن بعدها الطبيعيات؛ ثم كتب ما وراء الطبيعة ويقول الكندي عنها: «ما فوق الطبيعيات»، وأخيراً كتب الأخلاق؛ أما بقية العلوم فإنها تتفرع عن هذه الأخيرة[١٦].

ز ـ وأخيراً يذكر الكندي تباعاً غاية أرسطوطاليس في كل كتاب من كتبه[١٧].

إن تصميم هذه الرسالة واضح، وبخاصة معبر بغض النظر حتى عن كون التوسعات فيها تتداخل بشكل طبيعي. ويجيب الجزآن الأول والأخير على طلب الشخص الذي وجهت

---

(١٤) أي علم الحساب. (المترجم).

(١٥) الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٧٦ ـ ٣٧٨، و Al-Kindī, Ibid., pp. 398 - 399 and 413 - 414.

(١٦) الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٧٨، و Al - Kindī, Ibid., pp. 399 and 414.

موقع الأعمال الأخلاقية في آخر المؤلف ومباشرة بعد «العلم الإلهي» هو غير اعتيادي: تقترح الجداول القديمة لمؤلفات أرسطوطاليس بعامة ترتيبات مختلفة نوعاً ما؛ انظر: Paul Moraux, *Les Listes anciennes des ouvrages d'Aristote*, préface par Augustin Mansion, Aristote; traductions et études (Louvain: Editions universitaires de Louvain, 1951), spécialement, pp. 147, 182 et 190.

فقد برهن د. غوتاس (D. Gutas) حديثاً بأن الترتيب المتبع من قبل الكندي موجود عند بول الفارسي (Paul de Perse)، القرن السادس، وفي اليونانية، عند معاصره الياس (Elias)، ولربما أيضاً عند داوود (David). انظر: Dimitri Gutas, «Paul the Persian on the Classification of the Parts of Aristotle's Philosophy: A Milestone between Alexandria and Baghdād,» *Der Islam*, Bd. 60 (1983), pp. 235 and 237.

لكن هؤلاء المؤلفين ليسوا بالتأكيد المصدر المباشر، أو الوحيد للكندي، الذي يفرد مكاناً خاصاً لكتب الروح، انظر الهامش رقم (١٠) فيما سبق. نشير إلى أن ابن الطيب يضع هو أيضاً كتب الأخلاق بعد كتب «العلم الإلهي»، انظر:

Muḥammad Ibn al-Ṭayyib al-Alami, *Ibn al-Ṭayyib's Commentary on Porphyry's Eisagoge*, edited by K. Gyerkye (Beirut: [n. pb.], 1975), p. 38.

(١٧) انظر: الكندي، المصدر نفسه، ص ٣٧٩ ـ ٣٨٤، و Al-Kindī, Ibid., pp. 399 - 403 and 414 - 419.

فمقالة الكندي هنا «Traité de l'âme» هي ضمن مجموعة كتب الطبيعيات. وليس هنا مكان للتساؤل عن هذا الاختلاف مع (أ)، ولا عن تفحص محتوى هذه اللائحة الأخيرة.

إليه هذه الرسالة: «سألت... أن أنبئك بكتب أرسطوطاليس...». وكان باستطاعة الرسالة أن تنحصر ضمن هذا الإطار، لكن الكندي لا يقول إن كتب أرسطوطاليس تحوي العلم كله، بل يشير إلى العكس من ذلك في مقدمة الرسالة قائلاً بأن هذه الكتب تتضمن «جزءاً كبيراً» مما هو ضروري لبلوغ الفلسفة، ويضيف بأن رسالته تحوي أكثر مما طلب منه. ومجموعة العلوم الواردة فيها تتعدى، إذن، محتوى مؤلفات أرسطوطاليس. بالإضافة إلى ذلك، فإن الجزء المركزي (د) يأخذ بعين الاعتبار تعدد معاني كلمة «علم» التي أشرنا إليها في البداية؛ وبدقة أكثر، فإن هذا الجزء يحتفظ بحقوق المعرفة إلهية المصدر، وهذا موقف مثير للاهتمام من جانب فيلسوف يدافع في مكان آخر عن مبدأ الفلسفة نفسه ضد هجمات رجال الدين[١٨].

بعد هذا القول، ولكي نأتي إلى ما يخص تصنيف العلوم بالذات، نلاحظ بأن الكندي قد أخذ بعين الاعتبار الترتيب الأساسي، المنهجي، والترتيب التعليمي. وقد أوحى هذا الترتيب الأخير له بالفكرة المركزية للرسالة التي تفرض البدء بالرياضيات. أما التصنيف الفيثاغوري للعلوم الرياضية (هـ) فإنه ينتظم على بنية أساسية تعتمد ثنائية الصفات الأولى للمادة، أي الكمية والنوعية. لكن البرنامج الذي يتبع هذا التصنيف مباشرة يظهر بأنه يأخذ بعين الاعتبار التربية خاصة. أما التصنيف (و) فهو يدمج إلى برنامج الدروس اللائحة التزامنية الموجودة في (أ) لكنها تأتي هنا مسبوقة بالرياضيات.

وتنقسم سلسلة العلوم التي أحصاها الكندي في هذه الرسالة إلى مجموعتين مؤلفتين على التوالي من محتوى أعمال أرسطوطاليس، ومن العلوم الرياضية. وتقابل هذه السلسلة جزءاً واحداً فقط من العناوين التي رتب تحتها **الفهرست** أعمال الكندي، وذلك لأنها لم تأخذ بعين الاعتبار علوم الدين (بالمعنى الإسلامي)، ولا الطب، لكن هذا الأخير، وكذلك العلوم الخاصة، يجب أن تكون بشكل ضمني في العلوم المتفرعة المذكورة في التصنيف (و). وسنلاحظ أخيراً بأن السمة التي تميز «العلم الإنساني» عن «علم الأنبياء»، والتي تتمثل في أن الأول لا يكتسب إلا تدريجياً، توضح فكرة عرضها الكندي أيضاً في بداية «فلسفته الأولى» وفي **كتاب المناظر** *Liber de aspectibus*: والفكرة تقول إن الفلسفة والعلوم تتطور على مر الأجيال ويعبر عنها بلغات مختلفة[١٩]. وهكذا فإن التتابعية في اكتسابها ليست فقط عمل كل فرد، بل هي أيضاً عمل الإنسانية جمعاء. وهكذا، فإن مؤلف الكندي الوحيد الذي عني بتصنيف العلوم والذي وصل إلينا، يعبر جيداً عن الوضع الذي وجد

---

(١٨) انظر الجزء الأول من «الفلسفة الأولى،» في: الكندي، المصدر نفسه، ص ١٠٣ ـ ١٠٤.

(١٩) المصدر نفسه، ص ١٠٢ ـ ١٠٣، و Abū Yussef Yāqub Ibn Isḥaq al-Kindī, «De aspectibus,» in: Abū Yussef Yāqub Ibn Isḥāq al-Kindī: «Al-Kindi, Tideus und Pseudo - Euclid: Drei Optische Werke,» edited by Axel A. Björnbo and Seb Vogl, *Abhandlung zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften,* Bd. 26, no. 3 (1912), p. 3.

المؤلف نفسه فيه وهو صعوبة البدايات. وواجه الكندي هذه المعطيات الجديدة في عصره التي تمثلت في مجموعة علمية وفلسفية غزيرة، وفي التفصيل، غير متجانسة أحياناً، وناتجة عن طرق اعتبرت حديثة ولكنها كانت تستعمل طوال قرون عديدة؛ فاضطر أن يصمم في الوقت نفسه نظاماً وتاريخاً وتربية وفق ايحاءات آتية من اتجاهات مختلفة، من دون أن ينجح في السيطرة على هذه الفوارق تماماً. وهذا هو السبب في كون هذه الرسالة دقيقة وغامضة في الوقت نفسه، وتعقيدها نفسه هو معبّر وذو معنى.

- ٢ -

ربما لن نعلم أبداً ما إذا كان الكندي قد نجح أخيراً في أن يتصور تعدد العلوم التي كانت معروفة في ذلك الوقت، كنظام أو كارتقاء في الاكتساب المعرفي. وبالمقابل، إننا نعلم كيف حقق ذلك أبو نصر الفارابي (ت ٣٣٩هـ/ ٩٥٠م) الخلف الأول والكبير للكندي والملقب «بالمعلم الثاني» (المعلم الأول هو أرسطوطاليس). وسنتفحص مقالته «إحصاء العلوم»[٢٠] وستقتصر دراستنا على الأساسي فقط لأن هناك الكثير من المسائل التاريخية والابستمولوجية (المعرفية) التي تطرح نفسها في الرسالة.

---

(٢٠) أبو نصر محمد بن محمد الفارابي، **إحصاء العلوم**، حققها وقدم لها عثمان أمين، ط ٣ (القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦٨)، انظر النسخة المترجمة، في: *Catálogo de las ciencias*, edited and translated by Angel González Palencia (Madrid; Granada: [n. pb.], 1932); 2nd ed. (Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Patronato Menéndez y Pelayo, Instituto Miguel Asín, 1953);

ترجمة المؤلف إلى اللاتينية في القرن الثاني عشر من قبل جيرار دو كريمون (Gérard de Crémone)، انظر: *Catáloga de las ciencias*، والذي يشكل الأساس للمؤلف: Abū Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad al-Fārābī, *De scientiis,* edited by Manuel Alonso (Madrid; Granada: [Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada], 1954),

ويؤلف جزءاً من مصادر للمؤلف نفسه، انظر: Gundissalinus, «De divisione philosophiæ,» edited by L. Baur, *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster), Bd. 4 (1903).

حول هذه النقاط، انظر: Henri Hugonnard - Roche, «La Classification des sciences de Gundissalinus et l'influence d'Avicenne,» dans: J. Jolivet et Roshdi Rashed, eds., *Etudes sur Avicenne* (Paris: Les Belles lettres, 1984), pp. 41 et 61 - 62.

أما النص الأصلي لـ *De ortu scientiarum* فهو مفقود، وقد نشر هذا المؤلف من قبل: Abū Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad al-Fārābī, «De ortu scientiarum,» publié par C. Baeumker, *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster), Bd. 19, no. 3 (1936).

حول الاحصاء (Enumération)، انظر: Muhsen Mahdi, «Science, Philosophy and Religion in Alfarabi's *Enumeration of the Sciences,»* in: J. E. Murdoch and E. D. Sylla, eds., *The Cultural Context of Medieval Learning* (Dordrecht; Boston: [n. pb.], 1975), pp. 113 - 147.

يسمي الفارابي في المقدمة[٢١] خمسة علوم رئيسة هي: علم اللغة، وعلم المنطق، ومجموعة علوم الرياضيات، والعلم الفيزيائي (حرفياً: العلم الطبيعي)، والعلم السياسي (أو العلم المدني)؛ كما يذكر أيضاً الأجزاء المتوالية، التي سنراها الآن بتفصيل أكبر كما جاءت في المقالة نفسها.

١ ـ يقسم الفارابي علم اللغة إلى نوعين؛ فمن ناحية: «حفظ الألفاظ الدالة عند أمة ما وعلم ما يدل عليه شيء منها. . .».

ومن ناحية أخرى علم القواعد التي تحكم هذه الألفاظ (يحدد الفارابي أن القواعد بشكل عام هي ما تتألف منها صناعة ما). ويقسم علم اللغة في كل أمة إلى سبعة أقسام كبيرة هي: علم التعابير البسيطة (أي الكلمات)، وعلم التعابير المعقدة (أي الجمل)، وعلم القواعد التي تحكم التعابير البسيطة، وعلم قواعد التعابير المركبة، وعلم القواعد للكتابة الجيدة، وللقراءة الجيدة، وعلم الأشعار. ويشمل كل واحد من هذه الأبواب السبعة توسعات مختصة باللغة العربية بشكل عام، وهي ذات أهمية ضئيلة بالنسبة إلى بحثنا هذا[٢٢].

٢ ـ علم المنطق ويسميه الفارابي تارة علماً وطوراً صناعة، ويعطي القواعد التي تسمح بالتفكير الصحيح، كما تسمح بموجب الحقيقة بالتنزه عن الخطأ، وباختبار الأفكار عندما يكون ارتكاب الخطأ ممكناً. ويحتوي هذا العلم على ثمانية أقسام: تتعلق ثلاثة منها بالطرق المتنوعة للاستدلالات وللتعابير التي نسعى بواسطتها إلى التفكير السليم، وتتعلق الخمسة الباقية بالصناعات التي تنظم استعمال الاستدلال في مختلف أنواع الكلام: البرهاني، والجدلي، والسفسطائي، والبلاغي، والشعري. ثم يربط الفارابي لاحقاً هذه الأقسام بثماني مقالات لأرسطو وهي على التوالي: «قاطيغورياس، باري إرمينياس، أنالوطيقا الأولى، أنالوطيقا الثانية، طوبيقا، سوفسطيقا، ريطوريقا، بويوطيقا»[٢٣].

ويشدد على أهمية القسم الرابع الذي يحتوي على: «القوانين التي تمتحن بها الأقاويل

---

(٢١) انظر: الفارابي، المصدر نفسه، ص ٥٣ ـ ٥٥.

(٢٢) المصدر نفسه، ص ٥٧ ـ ٦٦.

(٢٣) تأكدت عملية التكامل سابقاً عند الكندي، بين البلاغة (La Rhétorique) وفن الشعر (La Poétique) الى الأورغانون (L'Organon)، فكانت أولاً عمل المحللين الإسكندريين أمثال: أمونيوس، أولمبيادور وبخاصة الياس (Elias) وهو يشمل خمسة أصناف من القياسات: اليقيني والديالكتيكي والبلاغي والسفسطائي والشعري. انظر: Moraux, *Les Listes anciennes des ouvrages d'Aristote*, pp. 177 - 183; Walzer, *Greek into Arabic: Essays on Islamic Philosophy*, pp. 133 - 134, and Gutas, «Paul the Persian on the Classification of the Parts of Aristotle's Philosophy: A Milestone between Alexandria and Baghdād,», pp. 242 and 249.

البرهانية وقوانين الأمور التي تلتئم بها الفلسفة وكل ما تصير به أفعالها أتم وأفضل وأكمل؛ فإن الثلاثة التي تتقدمه في ترتيب التعليم من توطئات ومداخل وطرق إليه، والأربعة الباقية...»[٢٤].

٣ ـ العلم التعليمي (أو علم الرياضيات) ويحتوي على سبعة أقسام:

أ ـ علم الحساب (وبشكل حرفي علم العدد)؛ لكن هذه التسمية قد أعطيت إلى علمين: الأول منهما هو علم الحساب التطبيقي الذي يدرس الأعداد بما هي «معدودة» ويجب أن يكون «عددها» مأخوذاً في الأجسام، ويستعمل هذا العلم في العلاقات التجارية والمدنية؛ والثاني هو علم الحساب النظري الذي يدرس الأعداد مأخوذة في المطلق، كما هي في الفكر مجردة عن الأجسام وعن كل شيء معدود، فهو يدرس خصائصها والروابط المتنوعة فيما بينها[٢٥].

ب ـ الهندسة، وهي أيضاً إما تطبيقية أو نظرية؛ وتدرس الهندسة التطبيقية الخطوط والسطوح في الأجسام التي يعالجها مختلف الحرفيين؛ أما الهندسة النظرية فإنها تدرس الخطوط والسطوح في المطلق، كما هي بعامة في كل الأجسام. وتقسم الهندسة النظرية نفسها إلى قسمين: يدرس القسم الأول الخطوط والسطوح، أما الثاني فيدرس الأجسام الصلبة، ويقسم هذا الأخير بدوره تبعاً لمختلف أنواع الأجسام الصلبة؛ وفي جميع الحالات تدرس هذه المواضيع إما بحد ذاتها وإما بحسب الروابط فيما بينها[٢٦].

ج ـ علم المنظور (حرفياً: علم المناظر وباللاتينية De aspectibus). وهو يدرس كالهندسة، الأشكال والكميات... إلخ. كما هي موجودة في الخطوط والسطوح والأجسام الصلبة، لكن هذا العلم يتخصص بالأشكال التي تظهر من خلالها، التي تختلف عما هي في الحقيقة. وهو يسمح بمعرفة الأسباب بطريقة الإيضاح ويرشد إلى الطرق التي تسمح بتصحيح الأخطاء وبإجراء قياسات غير مباشرة: وبهذا المعنى يشكل هذا العلم صناعة أيضاً. كما يدرس أيضاً الأشعة، المباشرة أو المنعكسة والتي نرى الأشياء بواسطتها[٢٧].

د ـ أعطي اسم «علم الفلك» علمين: الأول هو «علم أمور النجوم» الذي يعلمنا

---

(٢٤) الفارابي، المصدر نفسه، ص ٦٧ ـ ٩١. تستعيد الجملة التي استشهدنا بها في النص فكرة عبر عنها عدة شراح يونانيين: أمونيوس، سمبلسيوس، أولمبيادور، والياس. انظر: Moraux, Ibid., p. 180, and Gutas, Ibid., pp. 234 and 242.

(٢٥) الفارابي، المصدر نفسه، ص ٩٣ ـ ٩٥.

(٢٦) المصدر نفسه، ص ٩٥ ـ ٩٨.

(٢٧) المصدر نفسه، ص ٩٨ ـ ١٠٢.

بالأحداث المستقبلية وبجزء كبير بما يحصل الآن وبما كان سابقاً؛ والثاني هو «علم النجوم الرياضي» الذي يدرس الأجرام السماوية وحركاتها ويدرس الكرة الأرضية[٢٨].

هـ ـ وما يدعى بالموسيقى هو علمان: الأول هو الموسيقى التطبيقية وموضوعها الألحان والأنغام المحسوسة سواء التي تبعثها الأعضاء الطبيعية أو الآلات؛ والثاني هو الموسيقى النظرية التي تدرس: «أسباب كل ما تأتلف منه الألحان» بغض النظر عن المادة والآلات[٢٩].

و ـ علم الأوزان الذي يدرس هذه الأخيرة بصفتها كميات مقاسة أو مستخدمة للقياس (دراسة الموازين)[٣٠].

ز ـ علم التقنيات البارعة (أو الحيل) وهو علم التطبيق على أجسام طبيعية لكل ما برهنته الرياضيات. ونميز في هذا المجال أولاً طرق الحيل العددية[٣١]، ومنها العلم الذي نسميه حالياً «الجبر والمقابلة» وقد عرف العرب الجبر الذي أخذ اسمه في اللغات الأوروبية من المصطلح الأول في التسمية العربية لهذا العلم. وتوجد لاحقاً طرق هندسية عديدة هي: صناعة تدبير البناء، والطرق لقياس مختلف أنواع الأجسام، ولصنع الأجهزة الفلكية والموسيقية والقسي والأسلحة، وكذلك لصنع الأجهزة البصرية كالمرايا واستعمالها في الأغراض المختلفة (كالمرايا الحراقة)، ولصناعة «أوان عجيبة» (الآليات المائية)، وأجهزة التقنيات العديدة. وتعطي جميع هذه العلوم مبادىء مطبقة في المهن (كالبناء، والنجارة. . . إلخ.)[٣٢].

٤ ـ العلم الفيزيائي (أو العلم الطبيعي)، الذي يدرس الأجسام الطبيعية، وأعراضها، وأسبابها. ويحصي الفارابي ثمانية أقسام لهذا العلم، بعد تحليل طويل لأصول الأجسام انطلاقاً من الأجسام الاصطناعية، وهو تحليل مبني على مسلمة التماثل بين الأجسام الاصطناعية والطبيعية، وتقابل هذه الأقسام عدداً مماثلاً من أقسام أصيلة أو غير أصيلة من مجموعة أرسطوطاليس: (**السماع الطبيعي**، **كتاب السماء والعالم**، **الكون والفساد**، المقالات الأولى الثلاث من **كتاب الآثار العلوية**، المقالة الرابعة من كتاب **الآثار العلوية**، **كتاب المعادن**، **كتاب النبات**، **كتاب الحيوان**، **كتاب النفس**)[٣٣].

(٢٨) المصدر نفسه، ص ١٠٢ ـ ١٠٥.
(٢٩) المصدر نفسه، ص ١٠٥ ـ ١٠٧.
(٣٠) المصدر نفسه، ص ١٠٧ ـ ١٠٨.
(٣١) العمليات الحسابية. (المترجم).
(٣٢) المصدر نفسه، ص ١٠٨ ـ ١١٠.
(٣٣) المصدر نفسه، ص ١١١ ـ ١٢٠.

٥ ـ اللاهوت (أو العلم الإلهي) ويحتوي على ثلاثة أقسام: «يفحص فيه عن الموجودات والأشياء تعرض لها بما هي موجودات»؛ ودراسة مبادىء العلوم التأملية: كالمنطق، والرياضيات، والطبيعيات، وأساسها الصحيح، ودحض الآراء المغلوطة؛ ودراسة الكائنات التي ليست أجساماً (ويعطي الفارابي هنا برنامجاً لعلم إلهي فلسفي)[٣٤].

٦ ـ العلم السياسي (العلم المدني)، ويدرس هذا العلم كل ما يتعلق بسيرة وغايات الرجال، وبالسعادة الحقيقية والزائفة، وبالروابط فيما بينهم وبأنظمة الحكم. والمهمة الملكية (التي تؤدّى بشكل صحيح) تفترض القدرة على تصور قواعد شمولية كما تفترض القدرة المكتسبة من التجربة؛ لكن هذه الشروط المحددة تجريبياً هي موضحة في «الفلسفة المدنية» التي تضع القواعد والمعايير لتحديدات هذه الشروط. وتشتمل هذه الفلسفة على قسمين: يعرف الأول بماهية السعادة، ويعالج الثاني السيرات والأخلاق الحميدة والسيئة، كما يناقش موضوع الحكم، . . . إلخ[٣٥]. يضيف الفارابي مباشرة، إلى هذه التوسعات ذات العمق الأفلاطوني والأرسطي الواضح، توسعين آخرين يرتكزان على مادتين رأيناهما سابقاً هما: الفقه والكلام؛ وكلتاهما تسميان في الوقت نفسه بـ «العلم» و«الصناعة». علم الفقه، إذن، هو صناعة تسمح باكتشاف ما لم يحدده حرفياً المشترع وهو الذي يضع القانون (الديني) بارتكازه على الغاية التي تقف وراء هذه المؤسسة؛ وبالتماثل مع جانبي «كل دين»، يشمل علم الفقه جزأين: يتعلق الأول منهما «بالآراء» والثاني «بالأفعال»[٣٦]. أما علم (أو صناعة) الكلام فهو المظهر «والملكة» التي تسمح بدعم الآراء والأفعال التي حددها المشترع بوضوح. لذلك فإن ممارسات كل من الفقيه والمتكلم مختلفة: فالأول «يكتشف» انطلاقاً من مبادىء ما «يدعمه» الثاني من دون أن يضيف هذا الأخير عليه شيئاً[٣٧]. ويضيف الفارابي إلى ما ذكرناه توسعاً مطولاً إلى حد ما حول الأوجه المتنوعة لتطبيق علم الكلام[٣٨] وينهي مقالته عند هذا الحد.

إذا أردنا القيام فقط بجولة في الأسئلة والآفاق التي كشفها هذا الكتاب، فإنه يلزمنا توسيعات طويلة. لكننا سنكتفي هنا بعدد من الملحوظات التي لا تمس سوى تصنيف العلوم إذا ما أخذناه بشكله المجرد. يحدد الفارابي فوراً[٣٩] زمان ومكان مؤلفه عندما يكتب بأن هدفه في هذا الكتاب هو تعداد «العلوم المشهورة» الواحد تلو الآخر؛ ونلاحظ بأنه يعالج

---

(٣٤) المصدر نفسه، ص ١٢٠ ـ ١٢٣.
(٣٥) المصدر نفسه، ص ١٢٤ ـ ١٣٠.
(٣٦) المصدر نفسه، ص ١٣٠ ـ ١٣١.
(٣٧) المصدر نفسه، ص ١٣١ ـ ١٣٢.
(٣٨) المصدر نفسه، ص ١٣٢ ـ ١٣٨.
(٣٩) المصدر نفسه، ص ٥٧ ـ ٥٨.

علوماً تقليدية وعلوماً ذات أصل يوناني أيضاً، أما الغائب الأكبر عن هذه المقالة فهو الطب[٤٠]. وعلاوة على ذلك، يبدو الفارابي، ودائماً في المقدمة، وكأنه يعلن عن نظام للعلوم ويسميه «مراتب»، ولكنه لا يعلله ولا يفسره أيضاً. ويبدو مع ذلك وكأنه يقترح جدولاً (ترتيباً تزامنياً) أكثر منه برنامجاً (ترتيباً تعليمياً)، وبهذه النقطة يكون مخططه أوضح من مخطط الكندي[٤١].

أما بالنسبة إلى العلوم التقليدية فإن الفارابي يظهر مبتكراً بالمقارنة مع الخوارزمي الكاتب، مثلاً؛ ليس لأنه يهمل السكريتاريا وعلم التاريخ اللذين أدرجهما الخوارزمي في هذه العلوم (فهذا الإهمال يوضح جيداً فهمه الخاص للعلم)، بل لأنه ينظم علوم اللغة ويضعها كلها في النهاية، في حين يضع الخوارزمي الفقه وعلم الكلام في البداية. إضافة إلى ذلك، فإن هذه العلوم المتنوعة أصبحت نسبية، بمعنى أن الفارابي وصفها بما هي «لكل أمة» أو «لكل شريعة» بشكل عام (وهو لا يقارب انطلاقاً من وضعه التاريخي الخاص سوى علوم اللغة). وبهذه الطريقة بقي متجنباً الخوض في غمار الفقه وعلم الكلام الإسلاميين بحصر المعنى[٤٢].

بعد ذلك ينظم الفارابي فصول هذا الإحصاء حسب تصاميم متداخلة. فالفصول الثلاثة الأولى (اللغة، والمنطق، والرياضيات) تعيد إنتاج نظام الفنون الحرة، كما تشكل ببطء في العصور اليونانية القديمة؛ ونجد في الفصلين الثاني والثالث علمي الكندي التحضيريين، ولكن خارج أي برنامج محدد بوضوح بصفته برنامجاً؛ أما الفصول الثالث والرابع والخامس فهي تستعيد علوم أرسطوطاليس الثلاثة التأملية[٤٣]، مع تبديل بين الطبيعيات والرياضيات، الذي سنرجع إليه لاحقاً. أما بالنسبة إلى التعاقب: المنطق، والطبيعيات، والشريعة،

---

(٤٠) وبالفعل لا يوجد سوى تلميحين عنه، انظر: المصدر نفسه، ص ٥٧ ـ ٥٨، حيث هو مذكور بين بقية الصناعات، وص ١٢٦ عند مقارنة دور التجربة في تكوين الطبيب ودورها في تكوين السياسي.

(٤١) من جهة أخرى ينشىء الفارابي توسيعاً تاريخياً «للصناعات»؛ وأولاً البلاغة، والفن الشعري، ثم بعد أن يثبت اللغة، يصل إلى الديالكتيك والبرهان. غير أن معرفة الأشياء والسياسة تتوسع بالاستفادة من صناعات اللغة هذه. انظر: أبو نصر محمد بن محمد الفارابي، **كتاب الحروف**، حققه وقدم له وعلق عليه محسن مهدي (بيروت: دار المشرق، ١٩٧٠)، ص ١٤٢ ـ ١٥٣. انظر أيضاً: Abū Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad al-Fārābī, «Kitāb al-Khaṭāba,» dans: Abu Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad al-Fārābī, *Deux ouvrages inédits sur la rhétorique,* édité par J. Langhade et M. Grignaschi, instítut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1; t.48 (Beyrouth: Dar El - Machreq, 1971), pp.54-57.

نلاحظ أن هذا التكوين لا يطابق جزئياً اللوحة المقترحة في «الاحصاء».

(٤٢) فمن المؤكد أن إحصاءه لمختلف أوجه تطبيق «الكلام» ليس هراء، بل إنه ينطلق من موقع هذا العلم في عصره، لكنه يبقى على مستوى الوصف المجرد.

(٤٣) انظر: Aristoteles, *Metaphysics,* E, 1, 1026 a 19; K, 7, 1064 b 1 - 3.

والسياسة، فإننا نلاحظ بأنه يتبع الترتيب الذي عدد به الكندي أعمال أرسطوطاليس؛ لكننا نعلم أن علم السياسة كان مجهولاً في العربية؛ مع ذلك رأينا الكندي يذكر في آخر المطاف مؤلفات في الأخلاق. والحال أن موضوعها ذو صلة بموضوع العلم السياسي، كما يذكره الفارابي نفسه[٤٤]؛ ونحن ندرك مدى الاهتمام الخاص الذي كان يبديه لهذه المادة. وعلى كل حال، فإننا نشير هنا أيضاً إلى أن إضافة الرياضيات تشوش التعداد التقليدي؛ وتبرز هنا أسئلة ابستمولوجية وتاريخية حصراً ستحدد فيما بعد.

لقد رأينا في مناسبات عديدة كيف أن الفارابي يميز بين علم وصناعة؛ فالصناعة تتشكل من قواعد ينتج عنها علم. هناك، إذن، في المحصلة صنفان من العلوم هما: علم الأشياء (بمعناه الواسع) وعلم القواعد. ويضم الفارابي بعامة صناعات إلى كل علم، ما عدا الرياضيات، والطبيعيات، والشريعة، أي علوم أرسطوطاليس التأملية الثلاثة. ولكن يجب الإشارة إلى أن الأمور تتعقد مرة أخرى بالنسبة إلى الرياضيات: فالحيل تسمى أحياناً صناعات، كما أن كلاً من علمي الحساب والهندسة نفسيهما يشتمل على علم «تطبيقي».

يبدو أن هذا النص يحوي بنى أرسطية مهمة تتعارض بشكل حاد مع أمور من صنف آخر. ونتحقق من هذا التباين بطريقة أخرى: فمحتوى بعض العلوم يتألف هنا وبشكل واسع، وحتى بأكمله، من سلسلات مقالات لأرسطوطاليس. والعلوم هذه هي المنطق، والعلم الطبيعي، والميتافيزيقا؛ وباستطاعتنا الاعتقاد أن الفارابي رأى بأن الفيلسوف اليوناني قد أوصل هذه العلوم إلى درجة الكمال. لكن الفارابي يبدأ في الفصل حول الطبيعيات بتحليل الأجسام الاصطناعية، وهو بذلك يعطي لهذا العلم، إن لم يكن مساراً جديداً، فعلى الأقل أفقاً جديداً، هو أفق التصنيع والتطبيق، كما بدا لنا في الملحوظات السابقة.

والطريقة التي حفظت فيها بنية «الرباعيات»[٤٥] ووزعت في الوقت نفسه، تسمح بتحديد الأمر. إن العلوم الأصلية الأربعة تحتفظ فيها بمواضعها الخاصة التي احتلتها في «الجمهورية»[٤٦]، لكن علم «المنظور» أو البصريات قد أدرج بين الهندسة وعلم الفلك؛ وظهر علما الأوزان والحيل في المرتبتين السادسة والسابعة. وفي رأينا، هناك سببان لظهور علم البصريات هذا في هذا الموضع: يعود الأول إلى النجاحات المهمة التي عرفها هذا العلم

---

(٤٤) الفارابي، **إحصاء العلوم**، ص ١٢٨؛ فالتنويه الجلي «للعلم المدني» الذي وضع في النص بين هلالين، هو غير موجود سوى في مخطوطة عربية وحيدة وفي الترجمة اللاتينية؛ انظر ذلك في الحواشي.

(٤٥) الرباعيات هي مجموعة الدراسات في الحساب والموسيقى والفلك والهندسة في القرون الوسطى. (المترجم).

(٤٦) انظر أعلاه، ما سبق بخصوص الكندي. فقياس الأحجام، الذي يفصله أفلاطون بشكل ما عن الهندسة، أعيد دمجه فيها هنا، ولكن كجزء مستقل عن الهندسة النظرية؛ ولم يعره الفارابي انتباهاً خاصاً عندما عرض الهندسة التطبيقية.

في العصور الهلينستية والرومانية والعربية، والثاني، ومن بين أمور أخرى، هو أنه: «بهذه الصناعة يمكن الإنسان أن يقف على. . . أبعاد الأجسام السماوية ومقاديرها أيما يمكن أن ينظر إليها عن انحراف مناظرها»[٤٧].

ويجسد علما الأوزان والحيل النجاحات المتلاحقة لعلم الإوالة (علم الميكانيك) في العصور نفسها.

لكن الملفت للنظر حقاً هو المكان الذي أفرده الفارابي لما نسميه بالجبر والذي ابتكره الخوارزمي قبل ذلك العصر بقرن من الزمن، ثم طوره الكرجي المعاصر للفارابي والأكبر منه سناً[٤٨]. وقد أطلق الفارابي على الجبر العلم «المشترك للعدد والهندسة» وقدمه بطريقة منظمة نسبياً[٤٩]. وليس هذا العلم أقل تصنيفاً بين التقنيات البارعة، إلا أن هذه الأخيرة لم يتم ربطها بشكل عام إلا مع «الأجسام الطبيعية»[٥٠]؛ والجبر، من جهة أخرى، هو المثل الوحيد الذي أعطي عن «الحيل العددية». ونتبين من هذا المثال الصعوبة في تحديد المكان الصحيح لعلم ناشىء لم يتحدد بعد وضعه الأبستمولوجي، وذلك لأن المكان الذي أعطاه الفارابي لهذا العلم غير ملائم لسببين. وسنرى هذه الأمور بشكل أكثر وضوحاً عند دراستنا لابن سينا.

وأخيراً، وكما أشرنا سابقاً، فإن العلوم الرياضية التي وضعها أرسطوطاليس بين الطبيعيات وعلم الدين، تأتي هنا في المركز الأول عند الفارابي من بين هذه العلوم الثلاثة. ومع أن هذا الأخير يذكر أنه يقصد ترتيباً تعليمياً، فلا بد من التذكير بأن الكندي جعل من «علوم الكمية والنوعية» ومن علم المنطق علوماً تمهيدية. ونستطيع هنا أن نعتبر أن الفارابي يستعيد وجهة النظر هذه؛ فتطورات الرياضيات، ومن ضمنها الفروع الأقرب إلى الأشياء الملموسة (كالمنظور، والميكانيك، والحيل)، تضغط بالتأكيد وبشدة أكثر، لكي تأتي قبل الطبيعيات، بينما التصنيف الأرسطي هو مجرد بشكل بحت ومرتكز على المزج البسيط بين مسندين قابلين للتطبيق أو غير قابلين له على مواضيع هذه العلوم (أي الأجسام المنفصلة/ أو غير المنفصلة، المتحركة/ أو غير المتحركة) وترسم على الأرجح التراتب الأفلاطوني للوجود أيضاً حيث تكون الأعداد بين المحسوس والأفكار. وهكذا تتراتب العلوم وفقاً لقربها من الواقع: فينتج تراتب تزامني من دون شك، ولكنه يعبر عن العلاقات الحقيقية للعلوم في مرحلة من تاريخها معقدة بشكل خاص.

---

(٤٧) الفارابي، المصدر نفسه، ص ٩٩.

(٤٨) Roshdi Rashed, *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes*, collection sciences et philosophie arabes (Paris: Les Belles lettres, 1984), spécialement chap. 1.

(٤٩) الفارابي، المصدر نفسه، ص ١٠٩.

(٥٠) المصدر نفسه.

- ٣ -

فكر أبو علي الحسين بن سينا (٣٧٠هـ/ ٩٨٠م - ٤٢٨هـ/ ١٠٣٧م) ملياً في تصنيف العلوم بأسلوب عميق أصيل كان خاصاً به. إننا نحفظ له نصين في هذا الموضوع؛ النص الأول مأخوذ من أهم الموسوعات التي كتبها، وهي **الشفاء** حيث يعرض وجهة نظره في المواضيع التي درسها أرسطوطاليس سابقاً؛ وقد خصص المقالة السادسة ليعالج المواضيع الواردة في **التحليلات الثانية** موضوع التصنيف، وقد أعطى المترجمون ببساطة لهذه المقالة عنوان «البرهان»؛ كما يعالج الفصل السابع من الجزء الثاني لهذه المقالة العلاقات بين العلوم: حول ما تختلف فيه، وما تتفق عليه[(٥١)]. وهذا النص، ذو البنية الواضحة جداً، هو عمل أبستمولوجي بارز.

تختلف العلوم، إذن، بسبب مواضيعها المختلفة، كما تختلف عند معالجتها الموضوع نفسه. ففي الحالة الأولى تكون المواضيع إما مختلفة بالمطلق (كعلمي الحساب والهندسة)، وإما متداخلة (مع مداخلة)[(٥٢)] وعندئذ:

١ - إما أن يكون أحدها جنساً، والآخر نوعاً؛

٢ - وإما أن يكون بينها شيء مشترك، وشيء آخر مختلف: وهكذا فإن الطب وعلم الأخلاق يدرسان قدرات النفس البشرية للإنسان بصفته حيواناً، ولكن الطب يختص بجسم الإنسان وبأعضائه، بينما تهتم الأخلاق بالنفس المفكرة وبقدراتها العملية.

وتقسم الحالة الأولى بدورها إلى قسمين:

أ - فإما أن تكون العلاقة فيها كتلك التي هي بين العام والخاص،

ب - أو أن الأمر يتعلق بعمومية الصفات غير المنفصلة كما هو الواحد، الكائن.

ويقسم القسم الأول (أ) أيضاً حسب الأشكال التالية:

---

(٥١) انظر: Avicenna, *De demonstratione, ex libro «Al-Chifa»*, edidit et prolegomenis instruxit ʻAbdurrahmān Badawī, 2nd ed. (Cahirae: [n. pb.], 1966), pp. 106 - 111.

ظهر هذا الفصل المهم جداً لغِنديسالينوس وضمت إليه ترجمة: Gundissalinus, «De divisione philosophiæ,» pp. 124 - 133.

انظر: Hugonnard - Roche, «La Classification des sciences de Gundissalinus et l'influence d'Avicenne,» pp. 42 et 54 - 57.

وحول تأثير ابن سينا في هذا الموضوع في الغرب اللاتيني، انظر: Edouard Weber, «Classification des sciences selon Avicenne à Paris vers 1250,» dans: Jolivet et Rashed, eds., *Etudes sur Avicenne*, pp. 77 - 101.

(٥٢) التعبير لابن سينا.

١ ـ تبعاً لمعالجة أحد العلوم للنوع ومعالجة الآخر لجنس هذا النوع (كدراسة المخروطات بالنسبة إلى دراسة المجسمات)؛

٢ ـ أو إذا درس أحد العلوم جنساً، ودرس الآخر عارضاً من نوع مدرج تحت هذا الجنس (كعلاقة الفيزياء مع الموسيقى)؛

٣ ـ أو أن يكون عندئذ الموضوع الخاص ضمن كلية الموضوع العام، وتكون دراسته «جزءاً» من دراسة هذا الموضوع العام (مثلاً: دراسة المخروطات بالنسبة إلى الهندسة)؛

٤ ـ أو أن ينفصل الخاص عن العام، بمعنى أننا لا نهتم باختلافه التكويني، بل بالعوارض المرافقة لهذا الاختلاف، كما هي الحال في العلاقة بين الفيزياء من جهة، والطب من جهة أخرى والذي يهتم بالجسم البشري بما هو سليم أو مريض فقط؛ فليس هو، إذن؛ جزءاً من العلم الطبيعي أو الفيزياء، لكنه مدرج «تحته».

تتحدد علاقة التبعية هذه ذاتها في أربعة أشكال مختلفة:

أ ـ تبعاً لكون العلم المدرج تحت العلم الآخر يتعلق بالصفات التي ترتبط بموضوعه بسبب عارض أساسي (كحالة الطب مع العلم الطبيعي التي رأيناها سابقاً)؛

ب ـ أو بسبب عارض غير أساسي (كدراسة الكرات المتحركة، فإنها تدرج تحت علم المجسمات أو تحت علم الهندسة)؛

ج ـ أو أن العلم يرتبط بعلاقة «مجردة» وتحت إطارها يدرس موضوعه (موضوع علم المنظور هو خطوط عائدة للرؤية، لذلك فهو ليس في الهندسة ولكنه تحت الهندسة)؛

د ـ أو أن أحد العلوم يعالج عارضاً لأحد أنواع الموضوع في حين يدرس علم آخر هذا الموضوع في عموميته: وهكذا تدرج الموسيقى تحت علم الحساب، وعلم الألحان تحت الموسيقى وليس تحت العلم الطبيعي، وذلك لأن الألحان، وإن كانت عوارض جسم، فهي تدرس بصفتها ناشئة من العدد.

لنعد إلى القسم الثاني (ب) من الحالة الأولى؛ فالعلم الذي يعالج الصفات العامة للوجود والواحد، هذا العلم ليس مدرجاً تحت أي علم، فكل العلوم الخاصة مدرجة تحته من دون أن تكون أجزاء منه؛ ولكن أجزاءه هي:

ـ دراسة أصل الوجود كله (هذه الدراسة ليست علماً خاصاً ولا علماً شاملاً)؛

ـ ودراسة مبادىء العلم.

ومن وجهة النظر الأخيرة هذه، توجد علوم ثلاثة أكثر عمومية من أي علم آخر، مع

أنها تختلف في مواضيعها ومبادئها وأغراضها وهي؛ الفلسفة الأولى، والجدلية (ديالكتيك)، والسفسطة.

يبقى أخيراً أن نستعرض الفرع الثاني من الخيار الأول. آنذاك نقول إن علمين يملكان الموضوع نفسه يمكنهما أن يختلفا، إما لأن أحدهما يدرس هذا الموضوع بالمطلق، ويدرسه الآخر من زاوية ارتباط معينة (وهكذا يشكل الإنسان بالنسبة إلى العلم الطبيعي وللطب موضوعاً مشتركاً)؛ وإما لأن كل واحد يدرس هذا الموضوع من زاوية مختلفة عن الآخر (كالعلم الطبيعي وعلم الفلك إزاء الكون والكرات السماوية).

هذه هي، إذن، الأشكال المتنوعة التي تميز بين العلوم؛ والتي تستطيع الاتصال فيما بينها بالمبادىء أو المواضيع أو المسائل. أما بالنسبة إلى المبادىء (ونستبعد هنا المبادىء المشتركة لجميع العلوم، والتي هي خارج نطاق بحثنا)، فإن هذا الاتصال يمكن أن يحصل:

ـ على المستوى نفسه (فالهندسة وعلم الحساب يملكان المبدأ المشترك التالي: إن كميتين مساويتين لكمية ثالثة تكونان متساويتين فيما بينهما)؛

ـ وإما أن يكون مبدأ أحد العلوم سابقاً لمثيله عند علم آخر (كالهندسة والمنظور؛ وكعلم الحساب والموسيقى)؛

ـ وإما أن يكون مبدأ في علم ما هو نفسه مسألة في علم آخر، وذلك إما أن توضع مواضيع هذه العلوم في مستويات مختلفة من العمومية والخصوصية: إن شيئاً مبرهناً في علم ما يكون مبدأ علم سفلي أو علم علوي تبعاً إذا أخذنا منه المجموع بذاته أو بالنسبة لنا؛

ـ وإما أن توضع المواضيع على المستوى نفسه، لكن مسائل أحد العلوم تكون مطروحة كمبادىء لعلم آخر؛ فمبادىء عديدة من المقالة العاشرة من كتاب **الأصول** لإقليدس مبرهنة سابقاً في مقالات علم الحساب في الكتاب نفسه.

يتصل علمان فيما يتعلق بالمسائل، وذلك عندما يكون ما يبحثانه هو صفة للموضوع نفسه، ويتعلق هذا بالاتصال الأساسي، أما بالنسبة إلى الموضوع فتوجد ثلاث حالات:

١ ـ يكون أحد المواضيع أكثر عمومية في حين يكون الآخر أكثر خصوصية (كالعلم الطبيعي والطب؛ وكالهندسة ودراسة المخروطات)؛

٢ ـ يكون فيها لكل واحد من الموضوعين أشياء خاصة به وأخرى مشتركة فيما بينهما (الطب والأخلاق)؛

٣ ـ يكون الموضوع هو نفسه في العِلمين، ولكنه يُعالَج من وجهتي نظر مختلفتين (الفلك والعالم، موضوع مشترك لعلم الفلك وللعلم الطبيعي).

ربما يبدو لنا تقسيم ابن سينا الخاص هذا مرهقاً؛ زد على ذلك فهو لا يعطي تصنيفاً

للعلوم بالمعنى الدقيق (وفي الواقع إنه يحضر للفصل المخصص لنقل البراهين من علم إلى آخر). لكنه ضروري لنا، لأنه يكوّن نظرية العلاقات «المنهجية» بين العلوم؛ وبذلك فهو يوحد مجموعة شبكات جزئية، بموجبها تكون علوم مرتبطة بعلوم أخرى. وهذه الشبكات هي نفسها مرسومة بمفاهيم وعلاقات أنطولوجية(٥٣) ومنطقية مستعارة من أرسطوطاليس؛ وهي الجنس والنوع والعارض والعام والخاص. وفي المحصلة يؤسس ابن سينا فلسفياً على هذه الشبكات تصنيف العلوم وفق الواقع نفسه الذي تدرسه هذه العلوم؛ ومن الملاحظ بخاصة هو التمييز المهم بين علاقات الجزء مع الكل، والسفلي مع العلوي، والذي تحافظ عليه العلوم فيما بينها: ويستند التمييز الأول إلى مستويات العلوم الخاصة في الشمولية، أما الثاني فيرتكز على الفرق بين السمة الأساسية أو العابرة للموضوع الخاص بكل علم بالنسبة إلى فئة الكائنات التي يدرسها العلم.

وليس من الضروري تعليل اختيار الأمثلة؛ فسيلاحظ القارىء بأنها تبرز تقريباً في جميع التقسيمات الرئيسة التي عددها الفارابي ما عدا علم اللغة والسياسة.

تمثل **رسالة في أقسام العلوم العقلية**(٥٤) لوحة منهجية للعلوم. ونقطة الانطلاق هي مفهوم الفلسفة المحددة «كصناعة نظرية» مقسمة بدورها إلى «جزء نظري مجرد» يعطينا معارف أكيدة تتعلق بالكائنات المستقلة عن فصلنا، وإلى «جزء تطبيقي» بواسطته ندرك بشكل صحيح ما يجب فعله لبلوغ الخير. وينقسم الجزء النظري نفسه إلى العلم الطبيعي وهو العلم السفلي؛ والرياضيات وهو العلم الأوسط؛ والعلم الإلهي وهو العلم العلوي؛ أما الجزء التطبيقي فيقسم إلى علوم ثلاثة وتدرس على التوالي:

أ ـ سلوك الشخص الفردي (انظر «علم الأخلاق» لأرسطوطاليس).

ب ـ سلوك الشخص العائلي (انظر «الاقتصاديات»).

ج ـ السلوك المدني (انظر «العلم المدني» و«القوانين» التي ينسبها ابن سينا إلى

(٥٣) الأنطولوجيا هي علم الكائن. (المترجم).

(٥٤) انظر نص: أبو علي الحسين بن عبدالله بن سينا، «رسالة في أقسام العلوم العقلية،» في: أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، **تسع رسائل في الحكمة والطبيعيات** (القاهرة: هندية، ١٣٢٦هـ/١٩٠٨م)، ص ١٠٤ ـ ١١٨. وكان هذا النص موضوعاً لعدة ترجمات، كاملة أو جزئية، انظر: Abū ʻAli Husain Ibn ʻAbd Allah Ibn Sīnā, «Risāla fī aqsām al-ʻulūm al-ʻaqliyya. Epître sur les parties des sciences intellectuelles,» traduction de Georges C. Anawati, dans: *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales*, vol. 13 (1977), pp. 323 - 325; traduction partielle par: Muhsin Mehdi, dans: Ralph Lerner and Muhsin Mehdi, eds., *Medieval Political Philosophy: A Source Book* (Toronto: [n. pb.], 1967), pp. 95 - 97, une autre traduction partielle de J. Michot, dans: *Bulletin de philosophie médiévale*, vol. 22 (1980), pp. 62 - 73.

أفلاطون. ولكنه يردّها إلى «كتابين» يعالجان النبوءة والشريعة). وليس للفلسفة مكان في هذا الجزء التطبيقي؛ وفي المقابل يقسم ابن سينا بالتفصيل العلوم التأملية الثلاثة، مميزاً في كل واحد منها ما هو أصل وما هو فرع.

١ ـ في «العلم الطبيعي» أقسام الأصل عددها ثمانية، وكل واحد منها يستند بشكل واضح إلى كتاب لأرسطوطاليس (أو إلى كتاب منسوب إليه)، بحيث إن الموضوع في كل مرة هو موجز باختصار، وهذه الأقسام هي: الأمور العامة لجميع الطبيعيات، أحوال الأجسام التي هي أركان العالم، حال الكون والفساد، الأحوال التي تعرض في العناصر الأربعة، حال الكائنات، حال الكائنات النباتية، حال الكائنات الحيوانية، النفس والقوى الداركة التي في الحيوانات؛ والأقسام الفرعية وعددها سبعة: الطب، أحكام النجوم، علم الفراسة، علم التعبير، علم الطلسمات، النيرنجيات، علم الخيمياء.

٢ ـ تحوي الرياضيات[٥٥] أربعة أجزاء رئيسة وهي: علم العدد، والهندسة، وعلم الفلك، والموسيقى، ويقسم كل جزء إلى أجزاء فرعية.

يقسم علم العدد إلى الحساب الهندي وصناعة الجبر والمقابلة. وتقسم الهندسة إلى صناعات القياسات، والتقنيات الماهرة، وسحب الأثقال الكبيرة، والأوزان والموازين، والآلات الخاصة، ومنظورات المرايا، وجر المياه.

ويقسم علم الفلك إلى وضع التقاويم أو الجداول الفلكية، أي الأزياج.

وتملك الموسيقى «من بين فروعها» صناعة العزف على آلات غريبة كالأرغن مثلاً.

٣ ـ يحوي «العلم الإلهي» خمسة أجزاء رئيسة:

أ ـ دراسة المفاهيم العامة المشتركة لجميع الكائنات (الهوية، الوحدة، التعددية. . .).

ب ـ دراسة عناصر ومبادىء العلم الطبيعي، والرياضيات، والمنطق.

ج ـ دراسة «الحق الأول».

د ـ دراسة «الجواهر الأولى الروحانية».

هـ ـ دراسة العلاقات بين الكائنات الأرضية والسماوية، الملائكة، ومع ما نسميه أيضاً الألوهية (Théodicée).

يذكر ابن سينا من بين فروع العلم الإلهي اثنين، وقد فصلهما بدقة، وهما بالاختصار: المعارف المتعلقة بالوحي والنبوءة، والمعارف المتعلقة بالحياة المستقبلية وبالسعادة والشقاء الروحيين.

---

(٥٥) أسماها ابن سينا «الحكمة الرياضية».

٤ ـ وأخيراً المنطق، وهو الأداة التي تسمح باكتساب العلوم الأخرى، ويحوي تسعة أجزاء رئيسة، معروضة في مقالات أرسطية تسع: إيساغوجي، المدخل ـ قاطيغورياس، المقولات ـ باراميناس، العبارة ـ أنالوطيقا، التحليل بالقياس ـ أنالوطيقا الثانية، البرهان ـ طوبيقا، الجدل ـ سوفسطيقا، نقض شبه المغالطين ـ ريطوريقا، الخطابة ـ بويطيقا، فن الشعر. ودون أن يذكر ابن سينا أن المنطق لا يحوي أجزاء ثانوية، لا يعدد أياً منها.

عند قراءة هذا الملخص، تظهر عدة ملاحظات تفرض نفسها. أولاً فيما يتعلق بالتقسيم الإجمالي كما يبرز في أول الرسالة ومن تخطيطها: نجد السرد المتتالي للنظريات اليونانية حول هذا الموضوع، ويظهر تقسيم الفلسفة إلى نظرية وتطبيقية قديماً جداً؛ كما يعتبر المنطق فيها تارة كجزء من الفلسفة (كما يعتبره أفلاطون، حسب شيشرون؛ وكما يعتبره المشاؤون والرواقيون، حسب ساكتس امبيريكوس (Sextus Empiricus)، وطوراً كأداة (وأرسطوطاليس نفسه يميز من جهة أخرى العملي منه عن الشعري). ثانياً يظهر المضمون الأرسطي لهذا النص بقوة: إذ نجد فيه العلوم التأملية الثلاثة، وهذه المرة في ترتيبها الأصلي؛ فأجزاء العلم الطبيعي الرئيسة، وأجزاء المنطق كلها تطابق عدداً مماثلاً من مقالات أرسطية، أو أنها تعتبر كما وردت عند أرسطو (النبات، العالم)، أو أنها تدور في فلكها (Isagoge). ونشير أخيراً، ولكي ننتهي من هذه المراجع اليونانية، إلى أن «الفلسفة الرياضية» تسترجع علوم «الجمهورية» التمهيدية الأربعة التي وردت أيضاً في ترتيبها الأصلي، وليس الفيثاغوري. إما فيما يتعلق «بالعلم الإلهي» فإن مجموع أجزائه، الرئيسة منها والثانوية، تطابق بشكل تقريبي المخطط الذي عرضه ابن سينا في كتاب **الشفاء** (I، ٤).

وإذا نظرنا الآن إلى الأجزاء الثانوية من العلم الطبيعي والرياضيات، فإن الأمور تبدو أشد تعقيداً، ولا نستطيع هنا ذكر سوى بعض النقاط. نشير أولاً إلى أن هذه الأجزاء هي جميعها ممارسات، لكن ابن سينا يدعوها في غالبيتها علوماً؛ وبالنسبة إلى أجزاء العلم الطبيعي فإنه يتكلم عن هدفها. ويشكل الطب استثناءاً من حيث إنه يقسم هدفه إلى اثنين:

أ ـ المعرفة (للجسم وحالاته وأسبابها)؛

ب ـ العمل (لإبعاد المرض والحفاظ على الصحة).

إن كون أغلبية أجزاء العلم الطبيعي الثانوية هي في نظرنا «علوم مزيفة»، هو واقع يطابق حالة تاريخية من المعارف، لذا لا يشكل اهتماماً خاصاً بالنسبة إلينا. ونشير من ناحية أخرى إلى اختلافين مهمين مع تصنيف الفارابي، الذي لا يذكر شيئاً تقريباً عن الطب ولا عن الصناعات الغريبة التي هي بالنسبة لابن سينا أجزاء ثانوية من العلم الطبيعي. وربما يحق لنا أن نسجّل للفارابي حساً نقدياً أشد حدة مما لخلفه ابن سينا، وبالتأكيد نجد أنفسنا مرغمين على اعتبار هذا الأخير هو أقل تحرراً من الإطار الأرسطوطاليسي. ولكن المبدأ

الشكلي للتقسيم، من ناحية أخرى، الذي تبناه ابن سينا (الرئيس والثانوي)، سمح له أن يُصنِّف بمهارة أكبر العلوم التي لم تكن مذكورة في «الرباعيات» القديمة: فقد نسب الجبر إلى علم العدد، ولم يعد الجبر يعتبر فقط كطريقة مبدعة؛ كما وضع علم المناظر بشكل أفضل في مكانه كفرع من الهندسة وليس كعلم ذي هيكلية مساوية لأي علم آخر. في حين أن ما كنا نضعه تحت الميكانيكا والذي لا يمثل هنا سوى سلسلة صناعات، أضحى بشكل طبيعي وبكل بساطة متنسباً إلى الهندسة، علم «المواضع» و«الأشكال».

قد تبدو مثيرة للاهتمام مقارنة هذا التقسيم الفعلي مع التحاليل النظرية للعلاقات بين العلوم كما يعرضها فصل **الشفاء** الذي أوجزناه سابقاً. ولن ندأب على إعادة تكوين الروابط حالة بحالة بين المسندات التي تؤسس مبدئياً العلاقات بين العلوم الثانوية والعلوم الرئيسة. ويكفي أن نأخذ العلوم، المذكورة في النصين، بأنها، بالإضافة إلى ذلك، مدرجة بطريقة الأزواج في النص الأول: وهذه هي الطريقة الوحيدة لتعيين التطابقات الأكيدة. وبذلك نظهر حالات عديدة من التوافق التام: تصنف **الرسالة** علمي العدد والهندسة كعلمين مختلفين، ويقول لنا **الشفاء** بأن مواضيعهما مختلفة بشكل مطلق؛ وتبعاً للنصين فإن الطب تابع للعلم الطبيعي والمنظور للهندسة؛ وبما أن العلم الطبيعي وعلم الفلك يدرسان موضوعاً واحداً بعلاقات مختلفة [وفقاً **للشفاء**]، فإن هذا الواقع يفسر بأنهما علمان مختلفان [وفقاً **للرسالة**]. وفي حالة أخرى يبدو النصان وكأنهما متناقضان: فالعلم الطبيعي في **الشفاء** له علاقة مع الموسيقى، التي هي في **الرسالة** أحد العلوم الرياضية. وإذا أمعنا النظر، نجد أن هذا التناقض ظاهري فقط: فوفقاً **للشفاء**، إن موضوع العلم الطبيعي بالنسبة إلى موضوع الموسيقى هو الجنس بالنسبة إلى عارض من نوع هذا الجنس، ودائماً حسب **الشفاء**، ولكن في فصل آخر (I، ١)، فإن العلوم الرياضية تدرس أشكال الكمية، التي هي، من ناحية أخرى، عارض للجسم، أي موضوع العلم الطبيعي: إذن، وفي تحليل أخير، فإن التصنيف الأرسطي للعلوم، المعتمد من ابن سينا، هو الذي يفسر الاختلاف الظاهري لابن سينا مع نفسه. ولسبب مشابه لم يصنف علم الألحان تحت العلم الطبيعي: فهو يدرس جيداً أعراض جسم، ولكن بصفتها تنبثق من العدد، وهذا التجريد المضاعف يفسر بأنه «فرع» من الموسيقى، ولكنه مصنف تحت علم الحساب.

إذا قابلنا عن كثب لوحتي **الشفاء والرسالة**، وجدنا أن ابن سينا قد نجح في بناء ابستمولوجيا قوية إلى حد ما لتجميع تقسيم العلوم التأملية في مجموعة متماسكة، كما عرضه مؤلف «ما بعد الطبيعة» لأرسطوطاليس، وكذلك لتجميع التنظيم الأفلاطوني الأصل المأخوذ من «الرباعيات». نلاحظ في المقابل أن تقسيم العلوم إلى رئيسة وثانوية، في **الرسالة** لم يكن بالدقة نفسها التي بلغتها تحاليل **الشفاء**، وذلك لأن كلمة «فرع» تبدو وكأنها تحوي صورة أكثر مما تحوي مفهوماً؛ لكن من الممكن أيضاً أن تكون هذه الصياغة غير الدقيقة تعبر

بطريقتها الخاصة عن طابع مميز لمذاهب ومعارف ذات تعبير عربي، «تلطيف المعارضة التقليدية بين العلم والصناعة» حيث كسرت إلى حد ما الإطارات الموروثة عن أرسطوطاليس وإقليدس، الأمر الذي سمح بتحقيق اتساع في البحث وتقدم في النتائج. وقد برهنت أعمال رشدي راشد هذا الأمر(٥٦).

هذه هي، إذن، تصنيفات العلوم مختصرة ومحللة باقتضاب، ويعود الفضل فيها إلى الفلاسفة الكبار الثلاثة الأوائل. وهي تستدعي بعض الملحوظات الإضافية. لنشر بادىء ذي بدء إلى مفارقة: فعند قراءتنا لتصنيف الكندي لا يمكننا التكهن أنه من بين هؤلاء الثلاثة كان العالم الأكثر أصالة والأرفع منزلة. **فرسالة** الكندي فكرية وتربوية ـ والتربية هذه تعود بالتأكيد إلى فيلسوف طالما أن الدور التمهيدي للمنطق وللرياضيات مبني فيها على طبيعة الأشياء؛ لكننا لا نجد فيها شيئاً يعلن عن تشكيل مفاهيم الفارابي وابن سينا؛ غير أننا نستطيع الافتراض بإمكانية وجود ذلك في مؤلفاته الضائعة، ولربما في مقالته **مقالة في جوهر العلوم**. وهناك ملحوظة ثانية: فمع أن جميع هذه التصنيفات مبنية على الفلسفة اليونانية، إلا أن اثنين منها يرتبطان بالمفاهيم الدينية لمؤلفيهما، وبخاصة بسبب استناداتهما الواضحة إلى النبوءة؛ وحده الفارابي يبقى بعيداً عن هذه المفاهيم، ولا يغطي فصله في الفقه وعلم الكلام هذا الابتعاد. وأخيراً نعود هنا إلى ملاحظتنا الأولى ونعممها، فنقول إن هذه الرسالات ليست علماً بل تأملاً «تخطيطياً» إلى حد ما حول العلم؛ ومع ذلك، فالرسالتان الأخيرتان تسجلان في العلم وبشكل قليل الوضوح لصالحهما تحركات عميقة في هذا المجال.

ولكن بالمقابل، لا يستطيع أحد اعتبار هذه الأعمال التصنيفية هامشية بالنسبة إلى الحركة العامة للفكر العلمي؛ فتاريخ العلوم لا يتشكل إلا من مغامرات واكتشافات، أي من مفاجآت. والجزء الأكبر منه يتمثل في نشاط لا نلحظ منه سوى الضوضاء. إن التصنيفات الكبيرة للعلوم كتصنيفات الفارابي وابن سينا، المتيقظين لما يدوم وكذلك لما يتحرك، تدخلنا في المشهدين التاليين: الأول هو لعلماء مغمورين يتابعون جهداً قديماً حسب المعايير والإطارات التي كانت مألوفة بالنسبة إليهم، والثاني هو عند العقول النوابغ التي تهدم البنيان فارضة إعادة التعمير.

(٥٦) انظر: Roshdi Rashed, «Mathématiques et philosophie chez Avicenne,» dans: Jolivet et Rashed, eds, *Etudes sur Avicenne*, pp. 29 - 39.

خاتمة
مقاربات من أجل تاريخ للعلم العربي

محسن مهدي(*)

ملاحظات تمهيدية

إن هذا العمل مكرس لتاريخ العلم العربي. وفي الوقت الحاضر نستخدم عادة كلمة «علم» بمعنى العلم الحديث، وبخاصة العلم «الدقيق» والتقنية «الدقيقة» اللذين يملكهما العالم الغربي واللذين يتطلع إليهما الوطن العربي. إن دراسة العلم العربي، في العالم الغربي، تهدف إلى اكتشاف جوانب هذا العلم التي طبعت بطابعها تقدم العلم الحديث، أو ساهمت في انطلاقه، أما في الوطن العربي فيفترض بهذه الدراسة أن تحضر الطريق لامتلاك العلم والتكنولوجيا الحديثين. وفي جميع الحالات نعتبر هذين الأخيرين كنتيجة تراكمية للتطور العلمي وكمعيار يسمح بالحكم على علم العصور الماضية. ومن جهة أخرى، فقد جرى تصور التاريخ كطريقة قادرة على إعادة بحث وتجميع وتنظيم وتمثيل العلم العربي العائد للعصور الماضية. إلا أن التاريخ، كما مارسه مؤلفو هذا العمل، هو أيضاً علم «حديث» نشأ بعد الفلسفة والعلم الحديث، وخضع لتحولات متنوعة. وأسسه ليست دائماً جلية ومقدماته المنطقية لم تكن غالباً موضحة بحق. وبما أن المؤلفين الذين ساهموا في هذه الموسوعة لم يعملوا وفق مبدأ «تاريخ» للعلم العربي بصفته تاريخاً، فقد يبدو مفيداً التفكير ضمن إطار هذه الخاتمة في بعض جوانب هذا التاريخ.

ما هو، إذن، تاريخ العلم العربي؟ هنا لا بد من الإشارة إلى أنه في المرحلة التي

(*) أستاذ في جامعة هارفرد ـ الولايات المتحدة الأمريكية.
قام بترجمة هذا الفصل نزيه عبد القادر المرعبي.

نحن بصددها لا يمكننا الفصل بين العلم والفلسفة دون أن نمارس تعسفاً نحو أحدهما، وإذا تكلمنا بعبارات عامة، فإنه ينبغي فهم «العلم» الذي سيرد لاحقاً على أنه يتضمن الفلسفة وكيف ينبغي علينا أن نقارب هذا العلم؟ ولماذا نجد في الواقع أننا لا نستطيع الكلام عن علم عربي دون أن نهتم بتاريخه بشكل خاص؟ وكيف تشارك العلوم العربية، كما كان العرب يمارسونها، في تاريخ العلم؟ في غياب أي عمل تأريخي واف لتاريخ العلم العربي، فإن تصنيفاً تمهيدياً للمقاربات بإمكانه أن يبدو مفيداً.

إن واقع الاهتمام الواسع في الوطن العربي بالعلم العربي يعود بخاصة إلى نظام العلم الحديث وإلى الفكرة التي بموجبها ينبغي امتلاك العلم الحديث من أجل تحديث البلدان العربية. كما أن الواقع الذي مفاده أن العلم العربي قد وجد في الماضي يفترض به أن يثبت أن امتلاك العلم الحديث هو على الأقل مسألة ممكنة. وواقع الإهمال النسبي الذي أبداه الغرب نحو العلم العربي يفسره إهماله لتاريخ العلوم بشكل عام. إن الموقف السائد تجاه تاريخ العلم، بين الفلاسفة المختصين في العالم الأنغلو ـ ساكسوني أو في البلاد اللاتينية وكذلك بين تلامذتهم في البلدان العربية، يعكس منحيين للفكر المعاصر في الغرب، هما مذهبا **الوضعية** و**التاريخانية**، اللذان سيكونان مادة للنقاش سنسوقه لاحقاً. وعندما نلقي نظرة على ممارسات أقسام تاريخ العلوم في الجامعات عندما تكون موجودة على الأقل أو على ممارسات أقسام الفلسفة في الجامعات الأنغلو ـ ساكسونية، يتولد لدينا انطباع أن لا شيء مهماً حقاً في التاريخ من أجل دراسة وفهم العلم والفلسفة الحديثين. ففي أقسام تاريخ العلوم يتم التشديد على دراسة العلم الحديث والمعاصر. وفي أغلبية أقسام الفلسفة يكاد تاريخ هذه المادة لا يدرس، فهو لا يعتبر جديراً بالاحترام. وإذا أردتم دراسة العلوم والفلسفة، فإنكم تدرسون العلوم والفلسفة، ولا تدرسون تاريخ العلوم أو تاريخ الفلسفة، اللذين لا يمتان إلى العلم والفلسفة بأية صلة. وهذا النهج يشكل أحد الأسباب التي تفسر لماذا كان تاريخ الفلسفة مستبعداً عملياً من أقسام الفلسفة في العالم الأنغلو ـ ساكسوني، على الرغم من أن جميع فلاسفة العصور القديمة تقريباً كانوا أيضاً رجال علم.

وبما أنه ما زال هناك اهتمام بتاريخ العلوم في العالم الأنغلو ـ ساكسوني أو في البلدان اللاتينية، فإن العلم الحديث لا ينظر إليه ببساطة كعنصر من عناصر الحياة اليومية، أو كواقع تطور ضروري وثورة مكللة بالنجاح، أو كأداة مفيدة على المستوى العملي، بل ينظر إليه أيضاً كظاهرة إنسانية تحتاج إلى التفسير والفهم ضمن سياق إنساني أكثر اتساعاً. وبما أن هذا السياق الإنساني الأكثر اتساعاً يتغير مع تغير العصور ووفقاً للأوضاع الثقافية، فإن تاريخ العلوم يمكن أن يكون مثيراً للاهتمام لذاته وليس فقط مفيداً ببساطة من أجل دراسة العلوم الحديثة. ولا يكفي توضيح مفهوم العلم أو منطق العلم أو لغة العلم مثلما تفهمها وتستخدمها العلوم الحديثة نفسها، كما لا يكفى أيضاً توضيح السياق الاجتماعي والثقافي للعلوم الحديثة. إن الاهتمام بالتاريخ بعامة، وبتاريخ العلوم بخاصة، له الآن ما يبرره، ليس لذاته بصفته اهتماماً بالماضي أو بدروس التاريخ، بل بصفته وسيلة لفهم السياق

الاجتماعي والثقافي للعلوم الحديثة بواسطة دراسة مقارنة للسياق الاجتماعي والثقافي للعلم في الأزمنة القديمة وتحت مناخات أخرى.

تنتمي التواريخ الحديثة للعلم العربي إلى هذا المنحى من الدراسات التاريخية الحديثة، التي تتمثل في الإعراض عن التاريخ السياسي وعن تاريخ الحرب والسلم وفي هذا المجال نستذكر تاريخ ثوقيديدس (Thucydide) أو تاريخ الأنبياء والملوك كما ورد في نموذج مشهور هو **تاريخ** الطبري يندرج هذا المنحى إذن في قسم منه في التقليد التاريخي الذي يسترجع تواريخ رجال مشهورين، ومذاهب وسير رجال علم مصنفين وفق انتمائهم القومي وأجيالهم ومدارسهم واختصاصاتهم. وفي هذا المجال نفكر بأعمال ابن النديم وابن جلجل وصاعد الأندلسي والقفطي وابن أبي أصيبعة . كما يسترجع هذا المنحى تواريخ المذاهب والطوائف الدينية، ونذكر في هذا المجال أعمال الأشعري والشهرستاني. ويظهر هدف جميع هذه التواريخ بسيطاً وفي الوقت نفسه يمكن الدفاع عنه. وقد أخذ بعض الرواد من بين المؤرخين الحديثين للعلم العربي المعلومات التي قدمها أسلافهم كنقطة انطلاق فجمعوا ونظموا وقدموا، بصيغة عالية التطور، المعلومات المتعلقة بحياة وأعمال العلماء العرب. إن المؤلفات في سير «طبقات» العلماء تقدم أدوات لا غنى عنها للمؤرخ الذي يهتم بالعلم العربي، وعندما نتحدث عن هذه المؤلفات، فإننا نفكر قبل كل شيء بالأعمال المهمة لجورج سارتون (George Sarton) وكارل بروكلمان (Karl Brockelmann) وفؤاد سزجين (Fuat Sezgin)، وبتحقيق وشرح مخطوطات وكتب مطبوعة كان هؤلاء المؤلفون قد استخدموها كأساس لدراستهم.

هناك طراز آخر من الكتابات حول العلم الذي مورس في الماضي، ولم يكن مؤلفو هذه الكتابات يسمونها تاريخاً، إلا أننا نميل في الوقت الحاضر إلى إطلاق هذه التسمية عليها. فعلى سبيل المثال، يقدم أفلاطون في عدد من «محاوراته» عرضاً جدلياً للآراء العلمية العائدة للفلاسفة الذين عاشوا قبل سقراط. كما أن أرسطو يقدم في بداية مؤلفه **ما وراء الطبيعة** وفي أماكن أخرى عرضاً يستعيد فيه آراء أسلافه ومعاصريه حول موضوع أصل الكائنات. وهناك العديد من العلماء العرب، كابن خلدون على سبيل المثال، بدأوا أعمالهم الخاصة بعرض لآراء أسلافهم. ومع أننا نعتبر في الوقت الحاضر هذه العروض كتواريخ حقيقية للعلوم، إلا أنها في الواقع تمثل عروضاً لآراء مستعادة بهدف استخدامها كمقدمات لعرض الآراء الخاصة بالكتاب حول المسائل المطروحة للمعالجة أو حول الطريقة التي يبغون من خلالها توضيح هذه المسائل أو حلها. ويدخلون في نقاش جدلي مع أسلافهم أو مع معاصريهم ليتحققوا بأنفسهم وليثبتوا لقرائهم أن المواقف التي يعرضونها ويدافعون عنها لم يسبق أن عرضت أو نقضت أو دحضت على يد مفكر من الماضي، أو ليؤكدوا أن أسلافهم كانوا يتلمسون البحث عن الحقيقة، وكانوا يقومون بالخطوات الأولى نحوها أو يحضرون الطريق للوصول إليها. وقد اتبع هذه الطريقة فلاسفة ورجال علم حديثون، نذكر منهم على سبيل المثال هيغل (Hegel) ورينان (Renan). وعلى الرغم من أن المؤرخين الحديثين للعلم

العربي ليسوا هم أنفسهم علماء، وهم بالتالي لا يستخدمون هذه الطريقة في الكتابة للهدف نفسه الذي ذكرناه، فإن كل عرض لآراء علمية من الماضي باستثناء التلخيص أو الشرح يفرض هذه الطريقة إلى حد ما ويدافع عن تصور معين للعلوم ولتاريخها.

لقد ورثنا في العصور الحديثة، ومن ألمانيا بالدرجة الأولى، نوعين من تواريخ عامة للعلوم، وهما تاريخ العقائد (Dogmengeschichte) وتاريخ الأفكار (Ideengeschichte). إن تواريخ العقائد هي تصنيفية بشكل أساسي، وما زال العديد منها مستخدماً حتى أيامنا هذه. وهي تقدم تفسيرات وخلاصات لمحتوى أعمال علماء الأزمنة الغابرة، المصنفين حسب العصور والبلدان والمواد العلمية، كما تقدم شروحات وعدداً من المعلومات عن حياتهم وزمانهم؛ إن نموذجاً من هذا التاريخ في فرنسا كان يمثله شارل رونوڤييه[1]. ومن جهة أخرى، فإن تواريخ الأفكار تهتم بتحديد توالد والتزامات ووقع وتأثير هذه الأفكار. وفي الولايات المتحدة كان هذا النوع من التاريخ يمثله آرثر لوڤيجوي[2]. وتتم دراسة العقائد نفسها، لكن عبر وضعها في إطارها الزمني، ويتم توزيعها بطريقة خاصة بعد تحليلها وإعادة بنائها بهدف إبراز العناصر المخفية كالعادات الذهنية اللاواعية والمفترضات والعلاقة بين العقائد وروح الزمن (Zeitgeist).

العلم العربي والعلم اليوناني

لماذا التاريخ؟ إن الجواب الأكثر بساطة على هذه المسألة هو أنه من المهم أن نستطيع فهم تكون النظريات العلمية، فرجال العلم يحاولون حل بعض المسائل؛ وعندما يقترحون صياغة ملائمة للقضايا المثارة، فإنهم يرون الصعوبات المتضمنة في المسألة وفي الحل المقترح، وقد يتطلب هذا الأمر سلسلة جهود للفكر. وهذا ما يصطدم به العلماء الكبار. فهم يرون أسلافهم الحقيقيين وقد قدموا حلاً، وهؤلاء الأسلاف قد لا يكونون أساتذتهم المباشرين، ويرون في هذا الحل مسألة أو تناقضاً أو غموضاً أو تفككاً، فيدفعون بهذا الجهد خطوة إلى الأمام. وفي هذا المعنى **يوجد تاريخ داخلي للتواريخ**، لا يمكن إهماله دون أن نفقد شيئاً ما هو حقاً ذو مغزى. إن رجل العلم ليس جوهراً فرداً منغلقاً داخل ذاته، يقوم ببساطة بإخراج أشياء من قبعته كالساحر، وانطباع كهذا يتولد لدينا عندما نقرأ بعض تواريخ العلوم التي تسرد ما قاله زيد، ثم ما قاله عمر. وبشكل ما، نحن نتعامل مع نوع من

---

(١) انظر: Charles Renouvier, *Esquisse d'une classification systématique des doctrines philosophiques*, 2 vols. (Paris: [s. n.], 1885).

(٢) انظر: Arthur Oncken Lovejoy, *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1936), reprinted in: *Journal of the History of Ideas*.

التاريخ الحتمي. لذلك لا نستطيع أن ننقل العلماء كيفما اتفق وأن نخصص لهم مكاناً اعتباطياً، فعلى سبيل المثال لا نستطيع أن نأخذ ابن رشد ونضعه قبل الفارابي، أو أن نأخذ كانط (Kant) ونضعه قبل أفلوطين. **يجب علينا أن نفسر على مهل وبعناية لماذا تبدو السلسلة التاريخية على هذا النحو**. فهل السبب ببساطة هو أن ابن رشد كان أندلسياً أو رجل قانون، أو السبب هو أن كانط كان بروسياً أو مسيحياً أو أوروبياً؟ وهل من الممكن أن تكون علاقة ابن رشد مع ابن باجه وابن طفيل أهم من علاقته مع الفارابي، وعلاقة كانط مع هيوم (Hume) أهم من علاقته مع أفلوطين؟ وهل يوجد نوع من الصلة التي لا يمكن أن تكون معكوسة؟

وفي هذا السياق ينبغي علينا أيضاً أن نطرح سؤالاً: لماذا اليونانيون؟ كثيراً ما راود هذا السؤال ذهن عدد من العلماء العرب في القرون الوسطى، وهو يستمر في الوقت الحاضر بإثارة اهتمام بعض المفكرين العرب. حتى كلمة «فلسفة»، وكما قال ديوجين (Diogène Laërc)، لماذا ترفض أن تكون مترجمة إلى لغة أخرى؟ لماذا يبدو كل إنسان مصراً على أن يثبت الواقع الذي بموجبه ينبغي علينا البدء مع اليونانيين أو العودة إلى اليونانيين؟

وبعض الناس، يصبحون، عن خطأ، عصبيي المزاج عندما يواجهون هذه المسألة. فهم يعتقدون أن اليونانيين، تاريخياً وثقافياً، ينتمون إليهم. وبالتالي، إذا ادعى أحد ما السير على خطى اليونانيين أو معرفة شيء ما عن اليونانيين، فإنه بذلك يقوم بالتعدي على ملكيتهم الخاصة. وآخرون، بسبب تركيبتهم، ينفرون من اليونانيين فهم يشعرون بأن اليونانيين مصدر كل شر في الحياة البشرية: فقد كانوا عقلانيين يسطحون الحياة ولا يهتمون على الإطلاق بالألغاز العميقة للحياة. وبالتالي، فإذا كنا نفضل معالجة الغامض واللامعقول واللاواعي فإنه ينبغي علينا بالضرورة رفض اليونانيين، وذلك وفق ما يعتقده هؤلاء الآخرون. وطالما من المفروض أننا في طور البحث عن ثقافة غير غربية، فإن أولئك المشدودين إلى الثقافات غير الغربية، بدافع تجنب العقلانية الحديثة والالتصاق بعالم الأسرار الخفية، لا يستطيعون سماع أي شيء عن علاقة ما للعلم العربي باليونانيين، دون أن يشعروا بالخيبة والنفور. وقد كان هناك مفكرون عرب يقدمون الحجج ضد المنطق والميتافيزيقا اليونانيين. وهم أيضاً كانوا يندهشون لكثرة الناس الأذكياء المرتبطين باليونانيين، حتى بعد مجيء وحي جديد، دين حق، وبعد التطور الواسع في المعارف والتكنولوجيا. فما هي العناصر المميزة إلى هذه الدرجة لدى اليونانيين؟

لا نستطيع أن نقول إن وقع العلم اليوناني على العلم العربي قد حصل لأن هذا الأخير لم يكن يملك أي شيء ليقاوم. وإذا كان هذا الوقع قد حصل فعلاً، وإذا كانت بعض جوانب العلم اليوناني قد انتصرت فعلاً، فذلك سببه انه لم يكن هناك أي شيء قادراً على إيقافه. وسببه أنه في كل مرة كان العلم العربي يبذل جهده للإمساك ببعض الأمور وربما من ضمنها مسألة الفهم الإنساني للدين، كان ينجذب بالضرورة إلى دائرة المسائل التي

طرحها اليونانيون وكان عليه أن يبحث هذه المسائل بمصطلحات يونانية، حتى وإن كان عليه أن يعدل هذه المصطلحات أو أن يختار تياراً من الفكر اليوناني مفضلاً إياه على تيار آخر (وعلى سبيل المثال أن يفضل أفلوطين أو بروكلس أو فيلوپون على أفلاطون أو أرسطو). وعلى الرغم من بعض أحكامنا المسبقة الحالية، علينا أن نأخذ بشكل جدي المقولة التي تؤكد أنه ربما كان الفكر اليوناني يقدم فعلاً ما كان ابن رشد قد فهمه كنقطة انطلاق «طبيعي» لكل فكر إنساني محتمل. هذا لا يعني أن الأمم الأخرى لم تكن تبدع أو تملك عناصر أخرى، كالسياسة والتكنولوجيا والفن الدرامي والموسيقى والدين، أرفع مستوى من مثيلاتها اليونانية. والسؤال السابق: لماذا اليونانيون؟ يطرح على مستوى الفكر العلمي. إن رجال العلم العرب، الذين أوحوا بهذه المقولة التي ذكرتها في الأسطر السابقة لا يقصدون أن اليونانيين امتلكوا جميع الحلول، بل إن هؤلاء قدموا أطراً ملائمة وطرقاً تجعل بالإمكان البحث عن حل لفهم معطيات جديدة، وهم كانوا يعرفون أن هناك الكثير من المعطيات الجديدة. ولنبدأ بالدين الذي كان، انطلاقاً من هذا المنظار الخاص، جديداً. في هذا المجال، كان أصحاب هذه المقولة من العلماء العرب بحاجة إلى توسيع وتعديل وإعداد، وأحياناً إلى رفض مفاهيم قديمة وإلى اعتماد انطلاق جديد تماماً.

علاوة على ذلك، نحن نحتاج لأن نسأل كيف أضاف العلماء العرب فكرهم الخاص، إنْ ضمناً أم بشكل واضح، إلى فكر مفكري الماضي، وكيف رأوا موقعهم الخاص في هذا التاريخ، وربما أيضاً كيف رأوا أنفسهم في مواجهة المستقبل (أي ما هو الشيء الذي كانوا يرغبون في حدوثه). وسنحتاج إلى أن نتساءل عن دور الزمن في أعمالهم، لكي نعرف ما إذا كانت تأملاتهم الخاصة أو أبحاثهم قد أوصلتهم إلى تصور خطي أو دائري لحركة العلم؛ ولكي نعرف ما إذا كانوا يؤمنون على سبيل المثال بأن قضيةً ما هي على تقدم أو على انحسار في الفكر العلمي أو في الحياة الاجتماعية والأخلاقية. إن جزءاً، لكن جزءاً واحداً فقط، من هذا البحث ينطوي على النظر إلى الطريقة التي من خلالها كان رجل العلم العربي يدرك علاقة العلم بالمجالات الأخرى كعلم الدين والتصوف والتاريخ والسياسة، وعلى معرفة ما إذا كان يعتبر أن العلم ينتمي إلى مرحلة معينة من تطور الحياة الاجتماعية بشكل عام.

وللقيام بكل هذا الأمر بطريقة وافية، لا بد لنا أن نميز بين ما يمكن تقريباً تسميته بالعمل المعرفي والعمل العلمي بالمعنى الحصري. ففي العلم الحديث تم الفصل ما بين العمل المعرفي والعمل العلمي بشكل واسع إن لم يكن بشكل تام. وليس من السهل دائماً القيام بهذا التمييز عندما نقرأ أعمال رجال علم ينتمون إلى ما قبل العلم الحديث. ولكن حيثما يكون هذا التمييز ممكناً، فهو مفيد لكي نفهم كيف كان رجل العلم يرى تاريخ الفكر العلمي، حتى وإن كان رجل العلم هذا، وفي العديد من الحالات، يميل إلى تقديم أعماله الخاصة كنوع من التاريخ حيث يظهر وكأنه يعرض فيها آراء مفكرين من الماضي. وفي هذا

السياق، ينبغي علينا أن نقدر بدقة جهد العديد من رجال العلم العرب بهدف استعادة فكر أسلافهم. وفي عصرنا الحالي نملك مكتبات تضم ملايين المجلدات. وكل عمل بارز موجود في نسخة أصلية بنشرات عديدة وفي ترجمات لا تحصى مع الكثير من الشروحات. وغداً، سيكون أي عنصر معلومات متوفراً لأي إنسان يستطيع أن يسرع في إظهار بعض البراعم. آنذاك باستطاعتنا أن نتوقع أننا لكي نجد أي عمل علمي تقريباً، فإنه يكفي أن نقوم ببعض الخطوات نحو مكتبة أو أن نستخدم حاسوباً. إلا أنه ينبغي ألا ننسى أن الأمر لم يكن دائماً على هذا النحو. فنحن نعرف أنه، في الماضي، كان العثور على كتابات رجال علم وفلاسفة عملاً ضخماً من دون أدنى شك، حتى وإن كان هؤلاء مهمين للغاية كأفلاطون وأرسطو وبطلميوس وإقليدس. وكان هذا العمل يتطلب اهتماماً ودعماً عامين، ويفترض وجود مثقفين متطورين يملكون متسعاً من الوقت، كما يقتضي، بخاصة، الكثير من الجهد والوقت من جانب المترجمين والمفسرين. علاوة على ذلك، كان يتطلب سعياً كبيراً لاستعادة وإيجاد وسائل لنقل فكر العصور الماضية والأمم الأخرى إلى شروط العصر المعني وإلى لغات وعادات الفكر المعني.

وعندما نعالج نتائج جهد رجال العلم العرب لعرض الفكر اليوناني من جديد، فإننا نحتاج لأن نرى ما إذا كان ممكناً القيام بتمييز بين العمل الذي ينطوي على توضيح وتمثيل فكر كتاب العصور السالفة من جهة، والعمل الذي ينطوي على تعديل وتوسيع مذاهب ووجهات نظر هؤلاء الكتاب من جهة أخرى. وعادة كان هذان النوعان من النشاط متلازمين. لذلك، عندما نقرأ أعمالاً يعرض فيها الكاتب من جديد فكر أحد أسلافه، فمن المهم أن نلاحظ جيداً النقاط أو المفاصل حيث تنتهي الإعادة وحيث يظهر شيء ما جديد حقاً. إن هذين العنصرين يتداخلان أحياناً لأسباب ليست دائماً جلية، والتمييز بينهما لا يجري بوضوح. ولو أن رجل العلم العربي، اعتاد أن يذكر دائماً: «هذا ما يقوله أرسطو، وهذا ما أقوله أنا»، لكان الوضع بسيطاً. إلا أن هذا الذكر كان يأتي، في الواقع، إما بصيغة «ما يقوله أرسطو» وإما بصيغة «ما أقوله أنا»، فيبقى علينا أن نقوم بأنفسنا بالعمل الذي يتمثل بالتمييز ما بين الصيغتين.

نقد المصادر

إذا كان علينا أن نسأل في أي اتجاه ينبغي أن نسير وإلى أين يجب أن نعود في الزمن لكي نفهم تكون مفهوم علمي أو مقدمة منطقية استخدمها رجل علم عربي لكي نعرف على سبيل المثال هل نكتفي ربما بمعرفة المصدر المباشر أو نحتاج إلى الرجوع إلى المصدر الأول فإن الجواب سيتعلق بالتأكيد بالمفهوم وبالمقدمة المنطقية اللذين نحن بصددهما. ولا يكفي القول إن العلم العربي يتعلق بترجمات أو بعروض فكر العصور الماضية، فنحن نحتاج إلى تتبع المفاهيم والمقدمات المنطقية بعيداً في الزمن بقدر ما هو ممكن عملياً، مستخدمين

دلالات المصادر المتوفرة. فعلى سبيل المثال، في أول فصل من **تاريخ الفلسفة العربية** [٣]. وهو المؤلف الأكثر حداثة في هذا المجال، يوحي الكاتب أنه ينبغي علينا أن نبدأ دراسة هذه الفلسفة بالاطلاع على المؤلف المنسوب لأرسطو *Théologie d'Aristote* ومع المؤلف الآخر المزعوم *Liber de causis*. وهو يقدم لهذا الهدف تفسيراً لأعمال أرسطو. ومن الطبيعي استحالة فهم هذين المؤلفين دون الرجوع إلى **تاسوعات** أفلوطين وإلى مؤلف *Éléments de Théologie* لبروكلس. إن الأعمال الأولى التي ذكرناها ليست مجرد ترجمات أو مقتطفات من هذه الأعمال الأخيرة، بل هي صيغ جديدة تعدلت فيها الأعمال السابقة في نقاط عديدة بطريقة ذات دلالة. ولا نستطيع رؤية ما قد تعدل وبالتالي لا نستطيع أن نطرح السؤال الأساسي وهو «لماذا التعديل؟» من دون أن نقارن الأعمال اللاحقة بالأعمال السابقة التي نتجت عنها، كما لا يمكننا التوقف عند هذا الحد، فنحن نواجه مسألة مماثلة لمسألة *Eléments de Théologie* و**التاسوعات**. والعلم الهلينستي أيضاً مرتبط بالفكر العلمي السابق. وكان أفلوطين يعرض دائماً فكره بالإشارة إلى أسلافه، فيقول إن المعلمين الكبيرين هما أفلاطون وأرسطو، وهذا هو موقف أفلاطون، وهذا هو موقف أرسطو، وهذا هو موقف المشائين وموقف آخرين أيضاً، وهذه هي حال المسألة، وهكذا أصوغ المسألة وهكذا أحلها. وهكذا، مرة أخرى، إذا لم نكن نملك نقطة انطلاق معينة، لا بد لنا من العودة إلى ما أسماه الفارابي «مصدريْ» كل فلسفة.

وهناك مثال آخر قد يوضح بشكل أفضل الصعوبات المتضمنة في بعض التيارات التي تدرس المصادر التاريخية (Quellenforschung). فهناك عالم قدم مساهمات مهمة في توضيح بعض جوانب التاريخ القديم للعلم والفلسفة العربيين[٤]، وهو يصرح بأن مؤلف الفارابي **في فلسفة أفلاطون** على قدر كبير من الأهمية «على الرغم من أنه لا يورد النص اليوناني الأصلي بكامله ويغفل مذهب الأفكار ومسألة خلود الروح». أما كيف يتسنى لنا أن نعرف ما إذا كان النص اليوناني الأصلي المفترض مكتملاً أكثر من عرض الفارابي، فهذا الأمر ليس مبيناً في أي مكان. كما أنه ليس محدداً ما إذا كان النص اليوناني المفترض يتضمن فعلاً «مذهب الأفكار» و«خلود الروح» وهما موضوعان ربما أسقطهما الفارابي سهواً أو عمداً. إلا أن هذا التصريح يتضمن تأكيداً مفاده أن النص اليوناني الأصلي كان يحتوي فعلاً على «مذهب الأفكار» وعلى «خلود الروح»، وقد أسقطهما الفارابي لبعض الأسباب. والآن، وبغض النظر عن مسألة العلاقة بين عرض الفارابي والنص اليوناني الأصلي، ففي الواقع إن هذين الموضوعين قد أغفلهما الفارابي في عرض يفترض أنه كامل لفلسفة أفلاطون. والمسألة

---

(٣) انظر: Majid Fakhry, *A History of Islamic Philosophy*, Studies in Oriental Culture; no. 5 (New York: Columbia University Press, 1970).

(٤) انظر: Richard Walzer, *Greek into Arabic: Essays on Islamic Philosophy*, Oriental Studies; v. 1 (Oxford: Bruno Cassirer, 1962), p. 31.

التي تطرح نفسها هي مسألة مغزى هذا الإغفال؛ لذلك فمن المفيد أن نأخذ بعين الاعتبار ما يقوله الفارابي عن أفلاطون في أماكن أخرى.

وفي كتاب **الجمع بين رأيي الحكيم أفلاطون الالهي وأرسطوطاليس** نرى أن الفارابي كان مطلعاً بشكل جيد على **مذهب الأفكار** لأفلاطون وعلى تصور هذا الأخير بالنسبة إلى «خلود الروح» بالشكل الذي عرض فيه هذان المذهبان في أماكن معروفة جيداً في **محاورات** أفلاطون. وبالطبع نستطيع نحن أيضاً أن نتحقق من هذا الأمر، ومع ذلك لا نتوصل إلى فهمه وإلى ربطه بالواقع الأول أي بإغفال هذين المذهبين في العرض الذي قدمه الفارابي في مؤلفه **في فلسفة أفلاطون**. ولكن إذا حاولنا أن نرى العلاقة بين وجود هذين المذهبين في العمل الثاني وإسقاطهما من الأول، فإنه ينبغي علينا أن نستنتج من ذلك أن الإغفال في العمل الأول كان متعمداً، وأن الفارابي لم يسقط ببساطة هذين المذهبين جهلاً منه بأن أفلاطون تحدث عنهما أو إنكاراً لأهميتهما أو إحجاماً منه عن اعتبارهما كمميزين لفكر أفلاطون. مع ذلك، إن هذا التفسير ليس كافياً. فلكي نصل إلى خلاصة تتعلق بمعرفة أي من العملين كان الفارابي يعتبره ممثلاً للمذهب الأصلي لأفلاطون أو لفلسفته بالمعنى الحصري، علينا أن نحاول اكتشاف ما إذا كان هذان العملان للفارابي يريدان كلاهما عرض الشيء نفسه، ونعني بذلك «فلسفة» أفلاطون. لذا فلا بد أن نلاحظ أن الفارابي في مؤلفه **الجمع بين رأيي الحكيم أفلاطون الالهي وأرسطوطاليس** يقول إنه ينوي تقديم عرض لـ «آراء» أفلاطون لا لـ «فلسفته». ونجد علاوة على ذلك أن هذا العمل بأكمله هو أكثر تنميقاً في أسلوبه وفي هدفه. ومن جهة أخرى، لا يخفي الفارابي في مؤلفه **في فلسفة أفلاطون** نيته في تقديم «فلسفة» أفلاطون بمجملها وبكل جزء من أجزائها. لذلك، فإن استنتاجاً واضحاً يفرض نفسه وهو أن الفارابي لم يكن يعتبر «مذهب الأفكار» و«خلود الروح» جزءاً من «فلسفة» أفلاطون، بل كان يعتبر أنهما ينتميان إلى «آراء» أفلاطون.

إن هذا الاستنتاج لا يناقض أياً من الفرضيات المحتملة التي تتعلق بمضمون النص اليوناني الأصلي. وبإمكاننا التكهن أن هذين المذهبين لم يتضمنهما النص اليوناني الأصلي، ولذلك لم يأخذهما الفارابي بعين الاعتبار، أو أنه كان مقتنعاً بأنهما لم يكونا ضروريين في عرض لفلسفة أفلاطون، أو أنهما كانا موجودين لكن الفارابي أسقطهما لأنه كان يعتقد أن لا مكان لهما في عرض لـ «فلسفة» أفلاطون، باعتباره متميزاً عن العرض المتعلق بـ «آراء» هذا الفيلسوف.

والقول إن الفارابي كان يرفض اعتبار «مذهب الأفكار» و «خلود الروح» منتمين إلى فلسفة أفلاطون بالمعنى الضيق، هو تقريباً واقع جديد يحتاج بدوره إلى أن يكون مفهوماً. ويلزمنا أن نعرف كيف كان الفارابي يقرأ أفلاطون إما من خلال كتابات أفلاطون نفسها، وإما من خلال العروض والموجزات لكتاباته، وهذا يعني أننا بحاجة إلى أن نكتشف كيف

كان يفهم أفلاطون وكيف كان يفسره. ومن المفيد أيضاً أن نتذكر كيف قرأ فلاسفة آخرون كبار أفلاطون وفسروه. فعلى سبيل المثال، يبدو أن أرسطو قد تناول بجدية «مذهب الأفكار» العائد لأفلاطون وحاول أن يدحضه، وبما أن أرسطو لم يكن يؤمن على ما يبدو بخلود الروح، فبإمكاننا أن نستنتج أن الفارابي كان يحاول فهم أفلاطون بطريقة أرسطية. إلا أنه من الصعب الدفاع عن وجهة النظر هذه لأن الفارابي وكذلك قارئيه كانوا يعلمون أن أرسطو قد عرض «مذهب الأفكار» لأفلاطون ونقده. فما كان الفارابي ليحاول إخفاء بعض الأشياء التي يملك الناس عنها فكرة بالفعل. ومرة أخرى بإمكاننا أن نستنتج أن الفارابي كان يعتقد أن أرسطو كان يقوم من جديد بعرض ما قاله أفلاطون، أي بعرض لـ «آراء» أفلاطون لا لـ «فلسفته». وغالباً ما كان أرسطو ينسب مثل هذه المذاهب إلى سقراط، أو إلى غيره من المشاركين في حوار مع أفلاطون، أو كان ينسبها إلى أتباع أفلاطون، مع الإشارة إلى أسمائهم، ومع الرجوع إلى أولئك الذين كانوا يجاهرون بمذهب الأفكار كفريق أو كمجموعة.

وهناك شكل آخر لفهم مغزى ما قام به الفارابي يتمثل بالربط بين إغفال المواضيع الأفلاطونية، وعقائد الأديان المعلنة وبخاصة الإسلام. فمن الواضح أن مذهب «خلود الروح» هو بشكل ما أساسي بالنسبة إلى العقيدة الإسلامية. ولا يبدو أن إغفال الفارابي المتعمد لهذا المذهب من فلسفة أفلاطون قد أملاه السعي من أجل تأمين انسجام المذاهب الفلسفية إما مع العقائد الدينية بعامة، وإما مع عقيدة مجموعة دينية معينة أو مع عقيدة طائفة قد يكون ارتبط بها. بل على العكس من ذلك، فقد كان مفيداً بالنسبة إليه أن يعرض المذهب الأفلاطوني عن «خلود الروح» وربما حتى عن «مذهب الأفكار»، لأنهما قريبان من بعض التصورات الدينية عن صفات الله. وهكذا، فبالإمكان فهم إغفال الفارابي عبر اعتبار أن هذين المذهبين لم يشكلا حسب الفارابي جزءاً من «فلسفة» أفلاطون بل بعضاً من «آرائه» التي نادى بها للتعبير عن اتفاقه مع مفاهيم سابقة للإسلام يمكن اعتبارها صيغاً تستبق المفاهيم الدينية للإسلام. ويبدو الفارابي وكأنه عمّق التباين، إن لم نقل التناقض، القائم بين الفلسفة الحقيقية والمفاهيم المسلّم بها عموماً. إن الهدف الرئيس من ملاحظاتنا هذه هو أن نظهر أنه لا يكفي إثبات اغفال ما، ثم افتراض حصول هذا الإغفال كنتيجة لمصادفة في التاريخ، كأن نفترض مثلاً أن نصاً يونانياً أصلياً قد ضاع أو طواه النسيان. إن إثبات الوقائع كالإغفال مثلاً لا يدفع بفهمنا إلى الأمام إلا إذا اعتمدنا هذه الوقائع كنقطة انطلاق لتأمل جديد، بدلاً من سردها ببساطة باعتبارها تأكيدات لفرضيات عامة حول تبعية تاريخية مفترضة.

الوضعية والتاريخانية

إن تاريخ العلوم والفلسفة كما نعرفه في الوقت الحاضر هو ظاهرة مابعد هيغلية(٥). وهو بشكل عام يفترض إتمام الفلسفة وتحقيق الحكمة اللذين كانا هدف الفلسفة منذ البداية وذلك بواسطة الوضعية أو هيغل أو التاريخانية أو العلموية. وجميع المحاولات التي قام بها السابقون بهدف البحث عن الحكمة ينظر إليها من خلال هذه الحكمة المحققة، أي يحكم عليها بصفتها «ملائمة» أو «غير ملائمة» حسب تحقيقها أو عدم تحقيقها لهذا الهدف. وكل محاولة ملائمة تمثل جانباً أو مرحلة قد تندرج في التركيب النهائي؛ أو إننا نفكر أن الحكمة قد تم الوصول إليها بفضل اكتشاف جديد أو حدس جديد، على سبيل المثال النسبوية الثقافية، فيصبح نتيجة لذلك كل العلم السابق غير ملائم بشكل أساسي. وينبغي علينا في البداية أن نقتنع بأن الحكمة لم تعد موضوع بحث واستقصاء. ولكن ماذا يحدث إذا لم يتم التوصل فعلاً إلى الحكمة على يد أولئك الذين يدعون تحقيقها في الأزمنة الحديثة؟ أو ماذا يحدث إذا كانت الحكمة التامة غير ممكنة بالنسبة إلى الإنسان؟ ماذا يحدث إذا كان العلم بحثاً مستمراً، حباً بالحكمة؟ ماذا يحدث إذا كان حب الحكمة والبحث عنها هما كل ما يقدر عليه كائن بشري؟ في هذه الحالة، ينبغي التعبير عن جوهر العلم، وكذلك عن طبيعة وفائدة التاريخ بطريقة مختلفة قليلاً. وأخيراً يجب على كل تاريخ للعلم أن يأخذ بعين الاعتبار بطريقة أو بأخرى، مكانة الأديان في هذا التاريخ. لقد أدرج هيغل الأديان في تاريخ لـ «الفلسفة» التي بلغت ذروتها في دنيوية ملحدة. ويبقى سؤال ينتظر دائماً إجابة: هل تستطيع الأديان المعلنة أن تندمج في الفلسفة أم أنها تبقى بديلاً للفلسفة؟

وعلاوة على رجال العلم، هناك أنصار الكلاسيكية وعلماء تاريخ القرون الوسطى والمختصون بالإسلام الذين يهتمون بتاريخ العلم العربي. إن أسلوب مقاربتهم لهذا التاريخ، والذي يختلف عن أسلوب رجال العلم الذين يميلون إلى الخط «الصارم»، يتمثل في تعليق الحكم فيما يختص ببعض افتراضات العلوم الحديثة حول ما يؤلف العلم الحقيقي وما يبقى خارج المنظور العلمي. إن هذين الأسلوبين في المقاربة يميلان، لأسباب تاريخية وبسبب بعض الترتيبات الإدارية، إلى الفصل بين العلوم الاجتماعية والعلوم الأدبية في جامعاتنا. وهناك ميل لاعتبار أنصار العلوم الأدبية وكأنهم الذين يظهرون اهتماماً أكبر بأمور كالكفاءة اللغوية، والفهم الأوسع لإطار أو لسياق العلم العربي، واستخدام بعض أدوات لا بد منها للعلم التاريخي. إلا أن ما نبحثه ذو طابع آخر. فالأمر يتعلق بالاختلاف بين موقفين نظريين حول ما يؤلف العلم أو المعرفة. ومع أن كل موقف من الموقفين يتضمن عدداً من التيارات، وغالباً ما يتداخل أحدهما مع الآخر، إلا أنه يمكن التمييز بينهما على التوالي كـ «وضعية» و «تاريخانية».

(٥) نسبة إلى هيغل.

وبالنسبة إلى «الوضعية»، فإن الوقائع والعلاقات بين الوقائع هي وحدها الممكنة كمواضيع للبحث العلمي. إن هدف العلم يتمثل في الوصف والتنبؤ بهدف تحسين الوضع البشري، وقد قال أوغست كونت (Auguste Comte): «العلم، منه يأتي التنبؤ؛ التنبؤ، منه يأتي الفعل». إن هذا العلم يعتبر المرحلة الأخيرة في التقدم العام للبشرية التي كان تاريخها خاضعاً لتطور تدريجي شامل، خطي أحادي، متواصل ومحتم. إن الرياضيات وعلم الفلك يحتلان الموقع المميز في تصنيف العلوم. ويكفي أن نأخذ بعين الاعتبار هذا العمق لنفهم الإصرار الشديد عند دارسي تاريخ العلم العربي على العلوم الرياضية والتطبيقية كعلم الفلك والتنجيم، والتي تحدد أوقات الصلاة واتجاه مكة وأموراً أخرى مماثلة؛ لأنه هنا بالذات يظهر الاهتمام الذي يبديه الوضعيون بالوصف، وبإمكانية التحقق التجريبية، وبالتنبؤ والفعل.

بالإضافة إلى ذلك، فإن التمييز الذي يقوم به المحدثون بين العلم بالمعنى الحصري، أي الذي يسمى «دقيقاً»، وتاريخ العلم، هو نتيجة للتمييز بين علم وما هو ليس علماً، بين علم للأسباب وعلم للمعايير، بين علم تجريبي وعلم غير تجريبي، بين علم وميتافيزيقا. وإذا اعتبرنا أن ما سماه أرسطو وابن رشد علماً هو حقاً علمي، فإنه ينبغي علينا أن ندرسه مثلما نقوم بدراسة آخر النظريات العلمية، أي أن نتصدى له وأن نبذل جهدنا من أجل فهم ونقد ادعائه بأنه يمثل تفسيراً للطبيعة والتجربة. وبعامة، فإن التمييز بين علوم وتاريخ للعلوم لا ينفي إمكانية أن تكون نظرية من العصور الماضية قد استطاعت أن تتضمن نواة حقيقية أو تكون قد ساهمت بمقدار ما في بروز العلم الحديث أو المعاصر. ونحن، في الواقع، نفترض بشكل عام أن الأمر كان على هذا النحو. فنحاول أن نثبت إلى أي مدى وفي أي اتجاه ساهم العلم العربي في تكوين العلم الحديث والمعاصر. ويتم هذا الأمر على قاعدة افتراض آخر يقول إن النظرية العلمية الرائجة في الوقت الحاضر (وبعامة العلم الرائج حالياً) هي النموذج الأكيد والنهائي الذي انطلاقاً منه ينبغي قياس نجاح علم العصور السابقة. كما أن هذا الافتراض يقف وراء استخدام المفاهيم الشائعة في تفسير وتقويم علم العصور السابقة، دون أن نتساءل مطلقاً ما إذا كانت هذه المفاهيم ذات مغزى في هذا السياق. ونفترض أن هذه المفاهيم ستساعد في تحويل موضوع هو ليس علمياً بذاته أو أنه علمي لكن بشكل جزئي إلى موضوع لعلم أكثر صرامة. وهكذا فإن العلم ما قبل الحديث، والذي كنا نعتقد أنه كان غير علمي، يصبح مشروعاً علمياً شرعياً عندما نقوم بمقاربة علمية له تكون من هذا الطراز. إن ما يود العلم المعاصر رؤيته هو تاريخ علمي حقاً للنظرية العلمية، يستند إلى مقدمة منطقية؛ ولا تكون المعرفة العلمية ممكنة وفقاً لهذه المقدمة إلا بالارتكاز على الوقائع وعلى العلاقات بين الوقائع. وجميع الأمور الأخرى، كالقيم مثلاً، يجب أن تدرس كوقائع وأن تربط إلى وقائع أخرى، وبإمكاننا آنذاك أن ندرج في هذه الوقائع وعلى المستوى نفسه تاريخ المؤسسات العلمية والأساطير العلمية والجنون العلمي (تاريخ علم النفس المرضي لرجال العلم في المجتمعات الماضية).

لقد نشأت التاريخانية من التمييز بين طرق العلوم الطبيعية «المذهب الطبيعي» وطرق العلوم التاريخية، أي تلك التي تفهم كأشكال متعددة من النظرات إلى العالم. وتقبل العلوم التاريخية المقدمة المنطقية التي بموجبها يكون كل علم مدرجاً في عملية تغيير. ويمكن إثبات طبيعة وقيمة كل شيء بفضل تحديد مكان هذا الشيء داخل عملية تطور. من هنا يأتي نموذج الشرح انطلاقاً من التكون، وكذلك بفضل تحديد مكانه داخل عملية أكثر اتساعاً أو داخل مجموع يكون الشيء جزءاً منه ومن هنا يأتي نموذج الشرح انطلاقاً من سياقات اجتماعية وثقافية. ومن حيث المبدأ، تعتبر التاريخانية العلم الحديث ـ مثلما تعتبر العلم ما قبل الحديث والذي يتضمن العلم العربي ـ مجرد حدث تاريخي مرتبط بروح العصر، يتطور انطلاقاً من بعض الشروط وبعض السياقات الثقافية، ويترسخ فيها. إن العلم الحديث ليس أفضل ولا أحسن حالاً من أي علم آخر عائد للعصور الماضية في ادعائه بأنه العلم أو النظرية الحقيقية. فالتمييز بين ما هو علمي وما هو قبل علمي، أو بين العلم والفلسفة، يفقد أهميته، والتمييز بين «نظرية» و«تاريخ» لا يعود متماسكاً. إن أي علم هو تاريخي، حتى وإن كان الجزء الأكبر من العلم هو من التاريخ الماضي أو إن كان جزء ما منه هو من التاريخ المعاصر أو الحالي. وأخيراً، إن التمييز بين وقائع وقيم، وهو سمة «الوضعية»، يعتبر قطعياً غير قائم. وقد يبدو هذا التمييز مفيداً لدراسة بعض لجوانب المحدودة للظواهر التاريخية؛ إلا أن الأسباب التي تدعو إليه مرفوضة. فأغلبية الوقائع لا يمكن فهمها من دون الأحكام التقويمية التي تحملها الوقائع. وليس صحيحاً أن الوقائع وحدها بصفتها وقائع يمكن أن تعرف. فالقيم بصفتها قيماً يمكن أن تعرف مثل الوقائع إن لم يكن بشكل أفضل. ولا يمكن أن نعفي أنفسنا من فهم القيم بصفتها قيماً في دراسة المجتمع. والعلم ليس سوى جانب من جوانب رؤية عالم مجتمع ما. وحتى وإن كان ممكناً إجراء دراسة وقائعية صرفة للمجتمع، فستكون هذه الدراسة محدودة للغاية، إن لم نقل لا معنى لها، وستتجنب الأشياء الأساسية تماماً لفهم العلم، ولفهم المجتمع الذي نتجت عنه. لذلك لا يمكن تحقيق المعرفة الحقيقية للمجتمع والعلم بواسطة الوضعية، بل بواسطة علم التاريخ أو الفهم التاريخي.

وبشكل أكثر إيجابية، فإن التاريخانية ترفض التمييز بين وقائع وقيم، لأنها تعتقد أن الوقائع والقيم تتعلقان كلتاهما بنظرة مدركة أو بتصور للعالم (Weltanschauung) الذي يتغير وفق المجتمعات والعصور. وإذ تنحصر الوضعية بدراسة الوقائع والعلاقات بين الوقائع، فإنها تبقى على سطح المسائل، ولا تقدر على النفاذ إلى أصل هذه التجليات التي لا يمكن فهمها إلا كتجليات للرؤية المدركة التي تشكل أساساً لها. وتتضمن هذه التجليات القيم، أي ما يراه أو ما يعتقده الناس حسناً أو حقيقياً أو جميلاً، كما تتضمن ما ينتج عن هذه الأفكار من علم وفن. إن القيم أكثر أهمية من الوقائع بما لا يقاس لأنها أكثر قرباً وتعبر بشكل أكثر مباشرة عن نظرة مدركة، عن العمق الأعمق للثقافة أو للحضارة أو للعصر. وأخيراً، ترتكز التاريخانية على المقولة التي بموجبها يمكن معرفة القيم والفلسفات والرؤى

المدركة، ويمكن معرفتها علمياً؛ وهذا ما يشكل الاختلاف الأولي والأساسي بين المقاربات الوضعية والمقاربات التاريخانية. إن المعرفة الوحيدة العلمية البحتة لكل جانب من جوانب الماضي والحاضر، بما فيها المعرفة العلمية لأشياء كالوضعية والعلوم المعاصرة، تتعلق بفهم تجليات الفكر والحياة البشرية بالعلاقة مع الرؤى المدركة التي تستخدم كقاعدة لهذه التجليات. إن العلوم الحديثة، بما فيها العلم الاجتماعي الحديث، ليست هي «الحقيقة» ولا يمكن أن تستخدم كنماذج للحكم على علوم مراحل أخرى ومجتمعات أخرى. فالعلوم الحديثة، على غرار هذه العلوم الأخيرة، مرتبطة بنظرة مدركة خاصة. والعلم الوحيد المدرك هو علم التاريخ أو الفهم التاريخي.

وتحاول التاريخانية، كما الوضعية، أن تحل الصعوبة التي كانت تبرز من جراء دراسة الإنسان للمجتمع، عن طريق اعتبار هذه الصعوبة نتيجة لتحرر العلوم الطبيعية بالنسبة إلى الفلسفة، وللنجاح الهائل للفيزياء والكيمياء، أي للعلوم الحيادية فلسفياً. وفي الوقت الحاضر ينظر إلى الفلسفة كما إلى مشهد محزن تتجابه فيه مذاهب ومدارس متنوعة متعارضة. ولا أمل في حل هذه الاختلافات، أو في الوصول إلى نوع من الاتفاق حول المفترضات والطرق والأهداف، وهو اتفاق يشكل قاعدة لبرنامج العلوم الحديثة ولإنجازاتها. أما الوضعية فإنها تحل هذه الصعوبة بواسطة علم للإنسان وللمجتمع هو فلسفياً حيادي إزاء القيم والأحكام التقويمية. إلا أن الحل الذي تقترحه التاريخانية للصعوبة نفسها هو أكثر تماسكاً وجذرية على المستوى النظري لسببين اثنين: **أولاً**، ترفض التاريخانية أن تضحي بالقيم وهي تعتقد أنه بالإمكان تطوير علم حيادي فلسفياً إزاء مجموعة كاملة من الظواهر الإنسانية والاجتماعية، بما فيها الأحكام التقويمية. **ثانياً**، تفهم التاريخانية أنه من الوهم أن نأمل بالوصول إلى اتفاق حول الوقائع، فنحن بحاجة إلى علم يعترف بحقيقة الخلاف الذي لا يمكن تجاوزه حول الوقائع. أما فيما يتعلق بالأحكام التقويمية، فإن هذا العلم سيتجاوز الخلافات المتعلقة بها. ولا يكون ذلك بالتأكيد بعدم إمكانية فهمها كأحكام تقويمية، بل بإخضاعها لإدراك خاص: وذلك بفهمها على أنها مرتبطة برؤى مدركة، وأن هذه الرؤى تتغير وتختلف وفقاً للمراحل ووفقاً للثقافات. فقد كان اليونانيون والعرب والهنود مختلفين حول ما كان حقيقياً أو صحيحاً. إن العلم التاريخي الجديد سيفهم الرؤية الخاصة بكل مجموعة وسيظهر أنها مرتبطة بتصور للعالم، يوناني أو عربي أو هندي على التوالي. وسيكون علماً تاريخياً يسمح وحده لليونانيين والعرب والهنود بالوصول إلى خلاصات مؤكدة بشكل متساو، ونأمل أنهم سيتفقون عليها. وعلينا ربما أن نظهر أنفسنا متسامحين إزاء ضعف الطبيعة الإنسانية، وإزاء بقاء الأحكام المسبقة ما قبل العلمية وإمكانية المواربة مع البداهة لخدمة أغراض دنيوية أو مقدسة. مع ذلك، فالمعرفة التاريخية المحايدة هي ممكنة مبدئياً. وكل انحراف عن هذا الخط يقدم مادة جديدة لدراسات تاريخية جديدة محايدة.

فهم تاريخي أول

إن الفهم التاريخي، بهذه الدلالة، يعني أننا نفهم أي علم على أنه مرتبط بشيء ما آخر ينتمي بدوره إلى عصر أو إلى مجتمع أو إلى شعب معين. وهذا الشيء قد يكون محسوساً أكثر من العلم (كالظروف الاقتصادية أو الإطار السياسي)، وفي جميع الأحوال، ليست الحقيقة حول طبيعة الإنسان بصفته إنساناً أو حول الفكر هي التي تكون تاريخية، بل الوضع أو الظرف. فالحقيقة خاصة بعصر أو بمكان محدد، وتملك اسماً خاصاً، فهي يونانية أو عربية أو هندية. وكل علم هو بالتالي «حقيقي»، لكنه حقيقي بالنسبة إلى إطاره، وبالتالي فإن كل علم يأخذ الاسم الخاص بإطاره. ولكي نفهم حقيقة علم معين، يجب فهم إطاره وعلاقته مع هذا الإطار. وسيظهر هذا الفهم التاريخي أن الخلافات العلمية، التي كانت تبدو غامضة واعتباطية بالنسبة إلى الوضعية، هي واضحة وضرورية. ووضوحها وضرورتها لا ينكشفان إلا بواسطة فهم تاريخي لأنهما وضوح وضرورة تاريخيان. إن كل فكر إنساني وهذا يعني كل فكر علمي وحتى المبادىء العليا للنظرية والتطبيق العلميين مرتبط بالأطر التاريخية الخاصة. إن كل فكر هو تاريخي. وكل حقيقة هي تاريخية. والفكر الوحيد، أو الحقيقة الوحيدة التي هي ليست تاريخية أو مشروطة تاريخياً أو مرتبطة بإطار تاريخي خاص هي الفكر الذي يقول إن كل فكر هو تاريخي. وهذا ما يحيط بحقيقة كل فكر آخر ويشرحها ويظهرها. والحقيقة هذه مرتبطة بالإنسان بصفته إنساناً، وبالوضع البشري بصفته وضعاً، بمعزل عن المكان والزمان. وهكذا تصبح التاريخانية علمية حقاً، وتصبح علماً للتاريخ حيث يندمج العلم والفلسفة والتاريخ.

إن ما يستتبعه علم التاريخ هذا بالنسبة إلى تاريخ العلوم يرتدي أهمية كبرى. وقد كان العلم ما قبل الحديث اليوناني والعربي بحثاً عن معرفة كل الكائنات وأصولها. وكان يعتمد كأساس له المقدمة المنطقية التي تفترض أن مثل هذه المعرفة ممكنة مبدئياً. لكن التاريخانية تنفي هذه المقدمة. فالعلم ممكن بل ضروري، إلا أنه بشكل أساسي نتاج أو تجل لإطار تاريخي معين، قاد رجال العلم، بطريقة أو بأخرى، إلى التفكير أو الاعتقاد بأن فكرهم، الذي لم يكن باستطاعته أن يكون فعلاً فكراً يبحث في الكائنات أو في أصول الكائنات، كان فكراً يبحث في الكائنات وأصولها. ولكي نفهم الجوانب التي تجعل من هذا العلم علماً بالفعل، ولكي نرى أنه ليس علم الكائنات وأصولها، يجب علينا أن نباشر بالدراسة التاريخية. وفي كل حالة، ستثبت البداهة التاريخية تأكيد التاريخانية الذي بموجبه تكون الأفكار والمثل العلمية مرتبطة بإطار تاريخي معين. وهذا، كما قلنا سابقاً، ينطبق على كل علم ماض أو حاضر، كما ينطبق على كل علم مقبل. ولم يكن العلم بمعناه الأصلي مستحيلاً في الماضي فحسب، بل هو أيضاً مستحيل حاضراً. وعلى الدارس في العلم أن يترك البحث عن النظرية العلمية وأن يتخلى عن تطبيق نظريته العلمية الخاصة على الماضي. والنظرية العلمية الوحيدة المشروعة هي نظرية عن «تاريخ» العلم الذي يعمل انطلاقاً من

المقدمة المنطقية التي بموجبها تكون جميع النظريات العلمية مرتبطة بأطرها.

ولكننا في هذا المجال نواجه صعوبة. فالمقدمة المنطقية العائدة للتاريخانية لا يمكن إثباتها تاريخياً أو بواسطة البداهة التاريخية. وهذه الأخيرة تستطيع أن تثبت في كل حالة العلاقة بين نظرية علمية معينة وما يمكن اعتباره اطارها التاريخي. وحتى وإن كانت هذه النقطة معروضة بطريقة مستنتجة، فإنها لا تثبت شيئاً أكثر من التالي: هذه النظرية العلمية المعينة كانت نتاج إطارها، أو رجل العلم المعين هذا كان مهتماً للغاية بحل مسألة تطبيقية معينة، في شروط خاصة مهيمنة، في مرحلة وفي مكان معينين. وهذه النقطة لا تثبت بالضرورة أن كل علم مرتبط بإطاره، بل إن من الصعوبة بمكان إثبات ارتباط نظرية علمية خاصة بإطارها الخاص. ومن المستحيل تماماً بالنسبة إلى بحث تاريخي، مهما كان واسعاً ومدققاً، أن يثبت أن كل فكر مرتبط بإطار معين. وفي أحسن الأحوال، تستطيع البداهة التاريخية أن تثبت بصورة قريبة إلى حد ما من الحقيقة، في هذه الحالة أو تلك، أن نظرية علمية هي مرتبطة بإطار معين، إلا أن ذلك، بالنسبة إلى التاريخاني، غير كاف بأي شكل من الأشكال لإثبات سبب التاريخانية.

وللقيام بذلك، علينا أن نبرهن أن كل فكر علمي، ماض أو حاضر أو مقبل، هو مرتبط بأطر تاريخية معينة. والبحث التاريخي لا يستطيع القيام بذلك، كما أنه ليس مهيئاً لهذا العمل. وكباحثين في التاريخ ما قبل الحديث، علينا بالتالي أن نفهم أن المقدمة المنطقية الأساسية التي تستخدم كقاعدة لكل بحث في تاريخ العلوم ليست واضحة بذاتها ولا مثبتة، وأنه لا يمكن إثباتها بأبحاث تاريخية متخصصة تكون مبنية عليها. وينبغي علينا أيضاً أن نعي أن هذه الأبحاث التاريخية، في أغلب الحالات، ليست معنية كثيراً بفهم تاريخي للعلم. فاهتمامها ينصب بالدرجة الأولى على سوسيولوجيا العصر الذي كان يعيش فيه رجل علم معين أو مجموعة معينة من رجال العلم. إن هذا النوع من السوسيولوجيا هو، في أحسن الأحوال، بناء مشيد بعناية ومؤسس على فرضيات، وهذا البناء يتغير من فترة إلى أخرى. إن العلاقة المفترضة بين فكر رجل علم والإطار التاريخي الافتراضي هي، في أحسن الأحوال، فرضية أكاديمية. وقد يبدو ذلك، كأنه طريقة تبسيطية نسبياً لتقديم الحجج ضد التاريخانية، إلا أنني أعتقد أنه ملائم لمجابهة جميع نتاجات البحث التاريخي تقريباً، المبنية على هذه المقولة.

فهم تاريخي ثان

إن الوضعية والتاريخانية تملكان الكثير من الأشياء المشتركة. فالاثنتان هما بشكل أساسي حديثتان، وهما أختان غير شقيقتين ولدتا من التمييز بين الفلسفة وتصور للعلم حديث (بوجه خاص). إنهما وليدتا الإيمان بالتقدم وبالسمو المطلق للعلم الحديث وللتاريخ العلمي إزاء فكر العصور السابقة كله. ومهما كانت مجموعة اهتماماتهما في تاريخ العلوم،

ومهما كان العمل الذي قامتا به في هذا المجال، فإنهما تتقاسمان الازدراء العام للعصر الحديث إزاء الماضي، وبشكل خاص إزاء إدراك العصور السابقة، إزاء كل شيء كان يدعي أنه علمي. وحتى الاقتراح الذي بموجبه ينبغي علينا أولاً أن نفهم فكر الزمن الماضي كما كان يريد مؤلفه أن يفهم، أو ينبغي علينا أن نفهم رجال العلم من العصور السابقة كما كانوا أنفسهم يفهمون، بدلاً من أن نقيسهم وفق معايير فكرنا الخاص وزمننا الخاص، حتى هذا الاقتراح، مقبول ومطبق بطيبة خاطر على الطريقة التي فهم بواسطتها مفكرو العصور السابقة ماضيهم (يطبّق مثلاً على الطريقة التي كان العرب بواسطتها يفهمون اليونانيين، أو التي كان بواسطتها مفكرو القرن الثامن عشر والمرحلة الرومنسية يفهمون العرب)، إلا أن هذا الاقتراح لا يطبق مطلقاً على الأسلوب الذي بواسطته تفهم الوضعية والتاريخانية فكر العصور السابقة.

إن موقف الازدراء إزاء فكر الماضي يلغي كل دافع لدراسته، إلا إذا لم يتحول هذا الفكر إلى شيء ما يعزز اعتقادنا بأن حكمتنا الخاصة هي حقيقية ونهائية. وينتج عن ذلك أننا نكون قد قطعنا الصلة التي تربطنا بماضينا، وأعطيناه شكلاً جديداً على صورتنا، وتوقفنا عن الحصول منه على دروس وعبر. ونتابع إنتاج دراسات تاريخية لا تقوم بشيء سوى تأكيد اعتقادنا بأن فكر العصور الماضية لا أهمية له بذاته، وبأن تاريخ العلم على المستوى النظري مبتذل وغير ذي فائدة، وبأن عالماً نظرياً جاداً ومبدعاً ليس بحاجة لأن يبدد وقته بدراسة مدققة لعلم العصر الماضي أو لأن يبذل الجهد المطلوب لكي يفهم فكر رجال علم العصور السابقة، حتى الكبار منهم، مثلما كانوا يريدون أن يكون فكرهم مفهوماً.

ولا يصبح تاريخ العلوم مهماً وضرورة لا غنى عنها إلا إذا كنا نملك أسباباً للشك بأن المقدمة المنطقية الأساسية للفكر الحديث بعامة، وللوضعية أو للتاريخانية بخاصة، تمثل ذروة الحكمة؛ وأنهما النموذج النهائي للحكم على كل فكر العصور الماضية وعلى كل فكر المجتمعات الأخرى، وأن الفهم وطلب المعرفة، وهما المعنى الأولي للعلم، قد وصلا إلى نهايتهما فيما يتعلق بالمقدمات المنطقية الأساسية للتاريخانية وللوضعية؛ وأننا مبدئياً نملك المعرفة الآن وكل ما يبقى يحمل طابع عملية تنقية أو تطبيق بسيط على المعطيات الجديدة لمبادىء مثبتة. وإذا لم نضع كل نقطة من هذه النقاط موضع الشك، فإننا لا نملك سبباً للاهتمام جدياً بفكر العصور الماضية أو للشكوى من الطريقة التي أجريت بها هذه الدراسات من دون فطنة ومن دون روح. وإذا كنا من جهة أخرى نملك سبباً للشك بأن المقدمات المنطقية للوضعية وللتاريخانية هي بديهية بذاتها أو قابلة للإثبات، أو بأن ادعاء العلم الاجتماعي الحديث والعلم التاريخي بأنهما المعرفة النهائية والحقيقية هو ادعاء مدعم بشكل جيد بعيداً عن أي شك، فإنه ينبغي علينا آنذاك أن نعيد التفكير بمسألة تاريخ العلوم. وإذا كنا، بخلاف أنصار الوضعية والتاريخانية، لا نزال نفتقر إلى معرفة جميع مواضيع الفكر الإنساني والعلم والفلسفة، ونجد أنفسنا فقط في مجال البحث عن هذه المعرفة، فإنه ينبغي علينا أن نتساءل ما إذا كان تاريخ العلوم يمثل بالنسبة «إلينا» فائدة ما في هذه الدراسة؛ وإذا

كان الجواب «نعم»، فكيف ينبغي علينا أن نقوم بمقاربة هذا التاريخ لكي تتوفر «لنا» القدرة على متابعة الدراسة؟

وللقيام بذلك، ينبغي علينا أن نفهم أن تاريخ العلم العربي مستحيل إذا لم يكن هناك مواضيع دائمة يتطرق إليها العلم، أو إذا كانت مسائل العلم الأساسية أو ألغازه نسبية تاريخياً، أو إذا كان كل عصر أو كل مجتمع يعيش ويتطور داخل أفق هو بشكل أساسي وحيد، ذلك لأن العلم نفسه آنذاك سيصبح مستحيلاً أو عبثياً، ولا يمكن أن ينتج تاريخ علمي عن هذه العبثية. إن التاريخ العلمي للعبثيات كالخيمياء أو التنجيم يفترض علوماً كالكيمياء أو علم الفلك أو علم النفس، وهذه العلوم ليست عبثية. والعلم مرتبط بالقدرة البشرية على المعرفة، وبما يميز الإنسان عن باقي الكائنات. والقول بأن هذا عبثي يعني القول إن الحياة الإنسانية بمجملها عبثية، وبأنها تتحدى العقل أو هي مبهمة تماماً. وإذا كان الأمر على هذا النحو، فإنه ينبغي على مؤرخ العلوم أن يضع نفسه خارج مجمل الحياة الإنسانية، وبالتالي خارج مجمل العلم الإنساني.

ومهما يكن من أمر، فإننا نحتاج إلى ألا نكون دوغمائيين في هذا الموضوع. فلنفترض علاقة غير محددة بين العلم من جهة، وتاريخ أو مرحلة أو عمق ما هو ليس علماً من جهة أخرى. ولنحافظ في ذهننا على هذه الفكرة التي مفادها أنه يلزمنا أن نفهم أيضاً الطريقة التي بواسطتها يفهم رجل العلم نفسه هذا التاريخ. لكن ينبغي علينا بخاصة أن نكون منفتحين على الاحتمال التالي: إن فهم العلاقة بين العلم من جهة، والإطار التاريخي من جهة أخرى، يتطلب أن نفهم العلم لا كايديولوجيا أو كبنية فوقية، بل كعلم. وينبغي علينا أن نعطي علم العصور الماضية مزية الشك نفسها التي نقدمها لعلم أيامنا الحاضرة. وإذا وضعنا ببساطة إطاراً تاريخياً، وأسرعنا لتفسير العلم ما قبل الحديث على أنه مرتبط بطريقة سببية بهذا الإطار أو ناتج عنه، فإننا لن نتقدم بعيداً، كما أنه لن يكون مجدياً أن نتعامل على هذا الشكل مع العلم في الوقت الحاضر.

إننا نعيش في أزمنة، وفي مجتمعات، محددة بشكل واسع بالعلم. والآراء الأكثر أهمية، والتي تشكل أساس الحياة الاجتماعية وتهيمن على مسارها، هي من أصل علمي. كما أن التغيرات الاجتماعية والسياسية البارزة قد أثارها العلم، والمسائل الاجتماعية والسياسية الجدية قد حلت بواسطته. في هذه الحقبة وفي هذه المجتمعات، حيث العلم هو على هذا القدر من الأهمية، وحيث يملك مثل هذا الوقع، في هذه الحقبة وفي هذه المجتمعات حيث لا يمكن تصور أصلها وتطورها من دون العلم، يبدو من الطبيعي أن نطرح مسألة موقع العلم في كل العصور وفي كل المجتمعات. ومما لا شك فيه، أن ما لا نفهمه دائماً هو أن وضعنا هو وضع جديد حيث الآراء الاجتماعية والسياسية تدين بأصلها وبتوجهها وبقوتها إلى نوع خاص من الإرث أو التقليد، الإرث العلمي أو التقليد العلمي.

ولكي نوضح ونفهم آراءنا الناقصة والمجزأة وغير المتماسكة، علينا النفاذ إلى أصولها

وإظهار أساساتها أو جذورها. وللقيام بهذا العمل لا توجد وسيلة أفضل من التوجه إلى رجال العلم الذين طوروا هذه الآراء وقدموها بطريقة متماسكة. وبخلاف علم الأزمنة الماضية، ينبغي على العلم الحديث أن يباشر بدراسة العلم السابق، ليس فقط من أجل معرفة شيء ما عن القرابة التي تربطه بأسلافه، بل أيضاً لتوضيح وفهم أساس الآراء العلمية والاجتماعية الشائعة في زمننا الحالي. وبهذا المعنى، يجب أن يشكل تاريخ العلم إحدى محصلات البحث عن أساس العلم بطريقة لم تكن ضرورية في العصور السابقة. ومن وجهة النظر هذه أيضاً، هناك تماثل وثيق بين العلوم الحديثة والعلم العربي. ونحن أيضاً، المحدثين، لا نبتكر مفاهيمنا الأساسية، بل نطورها بصفتها نتائج لنقد المفاهيم السابقة أي مفاهيم العصر اليوناني والعصر العربي وعصر القرون الوسطى في الغرب، وبداية الأزمنة الحديثة. ومن المهم بالنسبة إلى الطريقة التي نفهم بها أنفسنا أن نعرف ما قد تم تعديله أو رفضه أو إبقاؤه. وفي إطار هذه الرؤية يستطيع تاريخ العلم العربي أن يلقي بعض الضوء على العملية العامة لامتلاك وتكييف ونقد النظريات العلمية العائدة للعصور الماضية.

إن دراسة العلم العربي هي أيضاً مهمة بالنسبة إلينا من وجهة نظر أخرى. فموقعنا الحالي إزاء العلم لم يعد غامضاً. وباستطاعتنا ألا نصدق أن العلوم الحديثة والفلسفة، التي نشأت عن العلم العربي أو أخذت منه عمقها، يمكن أن تكون خطرة بالنسبة إلى نفوسنا، إلا أننا الآن نعي من دون شك أنها يمكن أن تكون خطرة بالنسبة إلى وجودنا الجسدي وإلى بقاء الجنس البشري، وربما حتى بالنسبة إلى صون الحياة على الأرض. هذه مسأله نحتاج إلى فهمها. إن مغامرة القرون الوسطى والمغامرة العربية الإسلامية، التي نهتم بها بخاصة، تقدمان لنا مثالاً عن الطريقة التي تبرز بها مثل هذه المخاوف بصدد نهاية عالمنا، وعن الطريقة التي نعيش بها هذه المخاوف. وبعامة، لا نستطيع أن نفهم طبيعة العلم العربي في العصر الوسيط وطبيعة العلم الحديث في بدايته في الغرب، من دون أن نأخذ بعين الاعتبار تكونهما وسياقهما الخاص. كذلك، لا نستطيع أن نفهم الوضع الحاضر في الوطن العربي أو في الغرب، وأن نقوم بشيء ما بهذا الخصوص على المستوى الفكري، من دون أن نرى كيف برز هذا الوضع وتطور انطلاقاً من الوضع أو الأوضاع الأصلية. وبشكل آخر لا نعرف ما إذا كان العلم الحديث، وكما يدعي هو بذلك، هو التجلي النهائي للحقيقة أم أنه مجرد أفق محدود، وأننا لا نستطيع أن نرى هذا الأفق من دون أن نذهب إلى أبعد منه لكي نفهم تكونه.

هناك خطر واحد، إذ إننا نستطيع أن نستسلم لسحر هذه الدراسة التاريخية، ونعتقد أنها بالإضافة إلى توضيحها لآرائنا ستحل مسألتنا، التي هي مسألة العلوم الحديثة وعلاقتها بالمجتمع. إلا أن هذه المسألة واسعة وصعبة إلى درجة أننا بتنا نحتاج إلى كل مساعدة ممكنة، وإلى حد أصبحنا معه في حالة عجز، إلا إذا تصالحنا، قبل كل شيء، مع واقع كون تقدمنا وإبداعنا، وكذلك إنجازاتنا، تعرض نفسها بطريقة واضحة ومتماسكة. إن هذه الإنجازات مبنية على أفكار جديرة بأن تكشف وتدرس بعناية وإخلاص ودقة. وبسبب طابعها

المستقبلي، فإنها إما أن تحيدنا عن هذه المهمة الضرورية، وإما أنها تحدد مسبقاً نتيجة دراساتنا التاريخية، بحيث تبرىء آراءنا بدل أن تبين أساسها. هذا هو السبب الذي من أجله تصبح مسألة طريقة مقاربة تاريخ العلوم قضية جدية. لأنه بقدر ما يصبح التاريخ علمياً، مشبعاً بإيمانه بالتقدم والمعرفة، أكيداً ومتيقناً من مقدماته المنطقية ومن منهجه، يزداد الخطأ والمحال والقصور في ما ندعي بأنه فهم وشرح ونقد لعلم الأزمنة الماضية. إننا بحاجة إلى إيجاد وسيلة للخروج من هذه الحلقة المفرغة.

المراجع

١ ـ العربية

كتب

ابن أبي أصيبعة، أبو العباس أحمد بن القاسم. **عيون الأنباء في طبقات الأطباء**. تحقيق ونشر أ. مولر. القاهرة؛ كونغسبرغ: [د. ن.]، ١٨٨٢ ـ ١٨٨٤. طبعة جديدة، بيروت: دار مكتبة الحياة، ١٩٦٥.

ابن بصّال، محمد بن ابراهيم. **كتاب الفلاحة**. نشره وترجمه وعلّق عليه محمد عزيمان وخوس مارية مياس ڤيللاكروزا. تطوان: معهد مولاى الحسن، ١٩٥٥.

ابن البيطار، أبو محمد عبد الله بن أحمد. **الجامع لمفردات الأدوية والأغذية**. القاهرة؛ بغداد: مكتبة المثنى، ١٢٩١ هـ/١٨٧٤ م. ٤ ج في ٢.

ابن الجوزي، أبو الفرج عبد الرحمن بن علي. **ذم الهوى**. تحقيق مصطفى عبد الواحد؛ مراجعة محمد الغزالي. القاهرة: دار الكتب الحديثة، ١٩٦٢.

ابن حجاج الاشبيلي، أبو عمر أحمد بن محمد. **المقنع في الفلاحة**. تحقيق صلاح جرار وجاسر أبو صفية؛ تدقيق وإشراف عبد العزيز الدوري. عمان: مجمع اللغة العربية الأردني، ١٩٨٢.

ابن سينا، أبو علي حسين بن عبد الله. **تسع رسائل في الحكمة والطبيعيات**. القاهرة: هندية، ١٣٢٦ هـ/١٩٠٨ م.

ـــــ. **القانون في الطب**. بغداد: المثنى، ١٩٧٠ (؟). طبعة مجددة عن: القاهرة: بولاق، ١٢٩٤ هـ/١٨٧٧ م.

ـــــ. **المعادن والآثار العلوية من كتاب الشفاء ـ الطبيعيات**. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦٥.

ابن شاكر، محمد بن موسى. **كتاب الحيل**. نشرة نقدية للنص العربي من قبل أحمد يوسف

الحسن بالتعاون مع محمد علي خيّاطة ومصطفى تعمري. حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٨١. (مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة تاريخ التكنولوجية؛ ٣)

ابن شداد، أبو عبد الله محمد بن علي. **الأعلاق الخطيرة في ذكر الشام والجزيرة**. دمشق: المعهد الفرنسي للدراسات العربية، ١٩٥٣ - . ٣ ج: ج ١، تحقيق دومينيك سورديل؛ ج ٢، تحقيق سامي الدهان؛ ج ٣، تحقيق يحيى عبارة (دمشق، وزارة الثقافة والإرشاد القومي، سلسلة إحياء التراث العربي؛ ٤٩ و٥٠)

ابن عبد الزاهر، محيي الدين. **تشريف الأيام والعصور: سيرة الملك المنصور**. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦١.

ابن قتيبة، أبو محمد عبد الله بن مسلم. **كتاب عيون الأخبار**.

ـــــــ. **المعارف**. حققه وقدم له ثروت عكاشة. ط ٢. القاهرة: دار المعارف، ١٩٦٩. (ذخائر العرب؛ ٤٤)

ابن الوردي، زين الدين عمر بن مظفر. **خريدة العجائب وفريدة الغرائب**.

الأصبهاني، أبو الفرج علي بن الحسين. **كتاب الأغاني**. تحقيق علي محمد البجاوي. القاهرة: دار الكتب المصرية، القسم الأدبي، ١٩٢٧ - ١٩٧٤. ٢٤ ج.

بدوي، عبد الرحمن. **الأفلاطونية المحدثة عند العرب**. القاهرة: مكتبة النهضة المصرية، ١٩٥٥. (دراسات إسلامية؛ ١٩)

البغدادي، عبد القادر بن عمر. **خزانة الأدب ولب لباب لسان العرب**. القاهرة: المطبعة الميرية، ١٢٩٩. ٤ ج.

بلينوس (الحكيم). **كتاب سر الخليقة وصنعة الطبيعة: كتاب العلل**. تحقيق أورسولا وايسير. حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٧٩. (مصادر ودراسات في تاريخ العلوم العربية الإسلامية، سلسلة العلوم الطبيعية؛ ١)

البيروني، أبو الريحان محمد بن أحمد. **رسالة البيروني في فهرست كتب محمد بن زكرياء الرازي**. اعتنى بنشرها وتصحيحها پول كراوس. باريس: مطبعة القلم، ١٩٣٦.

جابر بن حيان. **مختارات رسائل جابر بن حيان**. عني بتصحيحها ونشرها پول كراوس. القاهرة: الخانجي، [١٩٣٥].

جامعة الدول العربية، الإدارة الثقافية. **الكتاب الذهبي للمهرجان الألفي لذكرى ابن سينا**. انعقد المهرجان في بغداد من ٢٠ إلى ٢٨ آذار/ مارس ١٩٥٢. القاهرة: مطبعة مصر، ١٩٥٢.

الحسن، أحمد يوسف. **تقي الدين والهندسة الميكانيكية العربية: مع كتاب الطرق السنية في الآلات الروحانية: من القرن السادس عشر**. حلب: جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، ١٩٧٦.

حمادة، محمد ماهر. **المكتبات في الإسلام: نشأتها وتطورها ومصائرها**. بيروت: [د. ن.]، ١٩٨١.

الدمياطي، محمود مصطفى. **معجم أسماء النباتات الواردة في تاج العروس للزبيدي**. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٥٦.

الديوهجي، سعيد. **بيت الحكمة**. الموصل: [د. ن.]، ١٩٧٢.

الرازي، أبو بكر محمد بن زكريا. **كتاب الحاوي في الطب**. صحح عن النسخة الوحيدة المحفوظة في مكتبة اسكوريال تحت إعانة وزارة معارف الحكومة العالية الهندية. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٥٥ ـ ١٩٦٨. (منشورات دائرة المعارف العثمانية؛ ٤)

الرازي، فخر الدين محمد بن عمر. **المباحث المشرقية في علم الإلهيات والطبيعيات**. حيدر آباد: مجلس دائرة المعارف النظامية، ١٣٤٣ هـ. ٢ ج.

الزريبي، البشير وإبراهيم النجار. **الفكر التربوي عند العرب**. تونس: الدار التونسية، ١٩٨٥.

زيادة، نقولا عبدو. **الحسبة والمحتسب في الإسلام**. بيروت: المطبعة الكاثوليكية، ١٩٦٣. (نصوص ودروس؛ ٢١)

الشيزري، أبو الفضائل عبد الرحمن بن نصر. **نهاية الرتبة في طلب الحسبة**. تحقيق السيد الباز العريني بإشراف محمد مصطفى زيادة. القاهرة: لجنة التأليف والترجمة والنشر، ١٣٦٥ هـ/ ١٩٤٦ م.

الطبري، أبو الحسن علي بن سهل بن ربان. **فردوس الحكمة في الطب**. اعتنى بنسخه وتصحيحه من نسخة برلين والموزة البريطانية وغوتا ونسخة حكيم خواجه كمال الدين، محمد زبير الصديقي. برلين: آفتاب، ١٩٢٨.

عيسى، أحمد. **تاريخ البيمارستانات في الإسلام**. پول باربي (Paul Barbey). القاهرة: [د. ن.]، ١٩٢٨. نشرة متممة بالعربية، دمشق: المطبعة الهاشمية، ١٩٣٩. ط ٢. بيروت: دار الرائد العربي، ١٩٨١.

ــــــ. **تاريخ النبات عند العرب**. القاهرة: [د. ن.]، ١٣٦٣ هـ/ ١٩٤٤ م.

ــــــ. **معجم أسماء النبات**. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٣٠.

الفارابي، أبو نصر محمد بن محمد. **إحصاء العلوم**. حققها وقدم لها عثمان أمين. ط ٣. القاهرة: [د. ن.]، ١٩٦٨.

ــــــ. **كتاب الحروف**. حققه وقدم له وعلق عليه محسن مهدي. بيروت: دار المشرق، ١٩٧٠.

القفطي، أبو الحسن علي بن يوسف. **تاريخ الحكماء: وهو مختصر الزوزني المسمّى بالمنتخبات الملتقطات من كتاب إخبار العلماء بأخبار الحكماء**. تحقيق يوليوس ليبرت. ليبزيغ: ديتريخ، ١٩٠٣.

القلقشندي، أبو العباس أحمد بن علي. **صبح الأعشى في كتابة الإنشا**. القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٩١٣ ـ ١٩١٩. ١٤ ج.

كراتشكوفسكي، أغناطيوس يوليانوفيتش. **تاريخ الأدب الجغرافي العربي**. نقله إلى اللغة العربية صلاح الدين عثمان هاشم؛ قام بمراجعته ايغور بليايف؛ اختارته الإدارة الثقافية في جامعة الدول العربية. القاهرة: لجنة التأليف والترجمة والنشر، ١٩٦٣ ـ ١٩٦٥. ٢ ج.

الكندي، أبو عمر محمد بن يوسف. **فضائل مصر**.

الكندي، أبو يوسف يعقوب بن اسحق. **رسائل الكندي الفلسفية**. تحقيق وتقديم محمد عبد الهادي أبو ريدة. القاهرة: دار الفكر العربي، ١٩٥٠ ـ ١٩٥٣. ٢ ج.

المجوسي، أبو الحسن علي بن العباس. **الكتاب الكامل في الصناعة الطبية المعروف بالملكي**. القاهرة: بولاق، ١٢٩٤ هـ/١٨٧٧ م. ٢ ج.

المقريزي، أبو العباس أحمد بن علي. **كتاب الخطط**. القاهرة: بولاق، ١٨٥٣ ـ ١٨٥٥.

النعيمي، عبد القادر. **الدارس في تأريخ المدارس**. تحقيق جعفر الحسني. دمشق: [د. ن.]، ١٣٦٧هـ/١٩٤٨م.

النويري، شهاب الدين أحمد بن عبد الوهاب. **نهاية الإرب في فنون الأدب**. القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٩٢٣ ـ ١٩٩٢. ٣١ ج.

دوريات

إسكندر، ألبير زكي. «الرازي الطبيب الإكلينيكي.» نصوص من مخطوطات لم يسبق نشرها. **المشرق**: السنة ٥٦، الجزء الثاني، آذار/ مارس ـ نيسان/ ابريل ١٩٦٢.

ــــــ. «الرازي ومحنة الطبيب.» **المشرق**: السنة ٥٤، الجزء الرابع، تموز/ يوليو ـ تشرين الأول/ أكتوبر ١٩٦٠.

صاعد الأندلسي. «كتاب طبقات الأمم.» تحقيق شيخو. **المشرق**: ١٩١١.

٢ ـ الأجنبية

Books

Abū Ḥanīfa al-Dīnawarī, Aḥmād Ibn Dā'ūd. *The Book of Plants.* 5th part, edited by Bernard Lewin from the unique MS in the Library of the University of Istanbul, with an introduction, notes, indices and a vocabulary of selected words. Uppsala: Lundequistska Bokhandeln; Wiesbaden: Harrassowitz, 1953 - 1974. (Acta Universitatis Upsaliensis; II, 10). 2 vols. 3rd part, edited by Bernard Lewin. (v. 3; 5, pt. 1: Bibliotheca Islamica; Bd. 26)

———. *Le Dictionnaire botanique d'Abū Ḥanīfa al-Dīnawarī....* Reconstitué d'après les citations des ouvrages postérieurs, édité par M. Ḥamīdullāh. Le Caire: [s. n.], 1973. (Institut français d'archéologie orientale, textes et traductions d'auteurs orientaux; V)

Aegineta, Paulus. *The Seven Books of Paulus Aegineta.* Translated from greek with a commentary embracing a complete view of the knowledge possessed by the greeks, romans and arabians on all subjects connected with medicine and surgery by Francis Adams. London: Sydenham Society, 1844 - 1847. 3 vols.

Al - Alami, Muḥammad Ibn al-Ṭayyib. *Ibn al-Ṭayyib's Commentary on Porphyry's Eisagoge.* Edited by K. Gyerkye. Beirut: [n. pb.], 1975.

Albert le Grand. *De Animalibus.* Books 11 and 12 of *Opera Omnia.* Ex editione Lugdunensi religiose... Cura et labore Augusti Borgnet. Paris: Vives, 1890. 38 vols. An Alternative edition is H. Stadler, in: *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster): Bd. XV - XVI, 1903 - 1921.

Albucasis, Abū al-Qāsim Khalaf Ibn 'Abbas al-Zahrāwī. *On Surgery and Instruments: A Definitive Edition of the Arabic Text with English Translation and Commentary.* Edited and translated by M. S. Spink and G. L. Lewis. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1973.

Amari, Michele. *Storia dei Musulmani di Sicilia.* 2nd ed. revised and completed by Carlo Alfonso Nallino. Catania: R. Prampolini, 1933 - 1939. 3 vols. (Biblioteca Siciliana di Storia, Letteratura ed arte)

Ansell Robin, P. *Animal Lore in English Literature.* London: [n. pb.], 1932.

Archéologie et histoire des sciences. Paris: [s. n.], 1906. Réimprimé, Amsterdam: [s. n.], 1968.

Aristoteles. *The Arabic Version of Aristotle's Meteorology.* English translation by C. Petraitis. A critical edition with an introduction and greek - arabic glossaries. Beyrouth: Dar El - Machreq, 1967. (Université Saint Joseph, institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1: Pensée arabe et musulmane; t. 39)

Arkoun, Mohammed. *Essais sur la pensée islamique.* Paris: Maisonneuve et Larose, 1975.

Arnaldus de Villanova. *Consideratione operis medicine.* Lyon: [n. pb.], 1504.

———. *De parte operativa.* Lyon: [n. pb.], 1504.

Arnold de Saxe. *De Finibus Rerum Naturalium.* Edited by Emil Stange, *Die Encyclopädie des Arnoldus Saxo.* Erfurt: [n. pb.], 1905 - 1906.

Artis Auriferæ, quam Chemiam Vocant. Basel: Typis C. Waldkirchi, 1610.

Artis Chemicae Principes, Avicenna atque Geber quorum alter numquam in lucem prodit. Basel: [n. pb.], 1572.

Avicenna. *Avicennæ de congelatione et conglutinatione lapidum; Being Sections of the Kitāb al - Shifā'.* The latin and arabic texts, edited with an english translation by Eric John Holmyard and D. C. Mandeville. Paris: P. Geuthner, 1927.

———. *Canon Medicine. Liber I.* Translated into latin by Gerardus Cremonensis with commentary by Jacques Despars; preface by Janus Lascaris; edited by Jacques Ponceau. Lyons: Begun by Jean Trechsel, completed by Johann Klein, 1498.

———. *De demonstratione, ex libro «Al - Chifa».* Edidit et prolegomenis instruxit 'Abdurrahmān Badawī. 2nd ed. Cahirae: [n. pb.], 1966.

———. *Poème de la médecine.* Texte arabe, traduction française, traduction latine du XIIIe siècle avec introduction, notes et index par Henri Jahier et Abdel Kader Noureddine. Paris: Les Belles lettres, 1956. (Collection arabe pub. sous le patronage de l'Association Guillaume Budé)

———. *A Treatise on the Canon of Medicine of Avicenna.* Incorporating a translation of the first book by Oskar Cameron Gruner. London: Luzac, 1930.

Badawī, 'Abd - al-Rahmān. *La Transmission de la philosophie grecque au monde arabe.* Paris: Vrin, 1968.

Baffioni, Carmela. *La Tradizione araba del IV libro dei «Meteorologica» di Aristotele,* Napoli: Istituto Orientale di Napoli, 1980. (Supplemento... agli Annali; no. 23, vol. 40 (1980), fasc. 2)

Al - Baghdādī, 'Abd al - Latif. *The Eastern Key, Kitāb al - ifādah wa'l - i 'tibār of 'Abd al - Laṭīf al-Baghdādī.* Translated by Kamal Hafīth Zand, A. John and Ivy E. Videan. London: G. Allen and Unwin, 1965.

Beaujouan, Guy [et. al.]. *Médecine humaine et vétérinaire à la fin du moyen âge.* Genève: Droz, 1966. (Hautes études médiévales et modernes; 2)

Benson, Robert L. and Giles Constable (eds.). *Renaissance and Renewal in the Twelfth Century.* Oxford: Clarendon Press, 1982.

Berthelot, Marcellin Pierre Eugène. *Collection des anciens alchimistes grecs.* Paris: G. Steinheil, 1888.

———. *Histoire des sciences: La Chimie au moyen âge.* Paris: Imprimerie nationale, 1893. 3 vols. Réimprimé, Amsterdam: [s. n.], 1968.

Vol. 1: *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge.*

Vol. 2: *L'Alchimie syriaque.* En collaboration avec R. Duval.

Vol. 3: *L'Alchimie arabe.* Textes et traductions, en collaboration avec O. Houdas.

———. *Introduction à l'étude de la chimie, des anciens et du moyen âge.* Paris: G. Stein-

heil, 1889.

———. *Les Origines de l'alchimie*. Paris: G. Steinheil, 1885. Réimprimé, Paris: Librairie des sciences et des arts, 1938.

Bidez, J. *Michel Psellus: Epître sur la chrysopée: Opuscules et extraits sur l'alchimie, la météorologie et la démonologie*. Bruxelles: [s. n.], 1928. (Catalogue des manuscrits alchimiques grecs; VI)

——— et Cumont. *Les Mages hellénisés*. Paris: Les Belles lettres, 1938.

Bloch, H. *Monte Cassino in the Middle Ages*. Roma: Edizioni di Storia e Letteratura, 1986.

Brandenburg, D. *Islamic Miniature Painting in Medical Manuscripts*. Basel: F. Hoffmann - La - Roche, 1982.

———. *Samarkand: Studien zur Islamischen Baukunst in Uzbekistan (Zentralasien)*. Berlin: [n. pb.], 1972.

Browne, Edward Granville. *Arabian Medicine*. Being the Fitzpatrick lectures delivered at the college of physicians in November 1919 and November 1920. Cambridge: Cambridge University Press, 1921. Reprinted, 1962.

Burkhard, Karl Imanuel. *Nemesii episcopi Premnon physicon... liber a N. Alfano, archiepiscopo Salerni in latinum translatus*. Leipzig: Teubner, 1917.

Burnett, C. S. F. *Hermann of Carinthia, De essentiis: A Critical Edition with translation and Commentary*. Leiden; Köln: [n. pb.], 1982.

Bynum, W. F. and Vivian Nutton (eds.) *Theories of Fever from Antiquity to the Enlightenment*. London: Wellcome Institute, 1981.

Cartes et figures de la terre. Paris: [s. n.], 1980.

Cézard, P. *L'Alchimie et les recettes techniques*. 1945.

Vol. 1: *Métaux et civilisations*.

———. *La Littérature des recettes du XII^e^ au XVI^e^ siècle d'après les manuscrits des bibliothèques publiques de Paris, positions de thèses, école nationale des chartes*. Nogent le Rotrou: [s. n.], 1944. (Promotion de 1944).

Chejne, Anwar G. *Ibn Ḥazm*. Chicago: [n. pb.], 1402 A.H./ 1982 A.D.

Al - Chihabi, Mustafa. *Chihabi's Dictionary of Agricultural and Allied Terminology*. English - Arabic. Beirut: Librairie du Liban, 1978.

Columella, Lucius Junius Moderatus. *De re rustica libri XII*. Curante Jo. Matthia Gesnero... Mannhemii: Cura and Sumptibus Societatis Literatae, 1781.

Conrad, Lawrence and Vivian Nutton. *From Myth to History: Jundishapur and Islamic Medicine*. London: Wellcome Institute for the History of Medicine, [Forthcoming].

Corbett, J. *Catalogue des manuscrits alchimiques latins*. Bruxelles: [s. n.], 1939.

Corbin, Henry. *L'Alchimie comme art hiératique*. Paris: Hermé, 1986.

Corner, George Washington. *Anatomical Texts of the Earlier Middle Ages*. A study in the transmission of culture, with a revised latin text of Anatomia Cophonis and translations of four texts. Washington: Carnegie Institution of Washington,

1927. (Carnegie Institution of Washington; Publication no. 364)

Corsi, P. and P. Weindling (eds.). *Information Sources in the History of Science and Medicine*. London: Butterworth Scientific, 1983.

Crapanzano, Vincent. *The Ḥamadsha: A Study in Moroccan Ethnopsychiatry*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1973.

Crombie, Alistair Cameron. *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100 - 1700*. Oxford: Clarendon Press, 1953.

Dales, Richard C. (ed.). *Roberti Grosseteste episcopi Lincolniensis commentarius in VIII libros Physicorum Aristotelis*. Boulder, Colo.: University of Colorado Press, 1963.

Demaitre, L. E. *Doctor Bernard de Gordon: Professor and Practitioner*. Toronto: Pontifical Institute of Mediaeval Studies, 1980.

Dictionary of Scientific Biography. New York: Scribner, 1970 - 1990. 18 vols.

Dietrich, A. *Dioscorides Triumphans - Ein Anonymer Arabischer Kommentar (Ende 12 Jahr. n. Chr.) zur Materia Medica*. Göttingen: Vanderhock und Ruprecht, 1988. 2 vols.

Dols, Michael Walters. *The Black Death in the Middle East*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1977.

———. *Medieval Islamic Medicine; Ibn Riḍwān's Treatise on the Prevention of Bodily Ills in Egypt*. Translated with an introduction, with an arabic text edited by Adil S. Gamal. London; Berkeley, Calif.: University of California Press, 1984.

Douglas, Mary (ed.). *Witchcraft Confessions and Accusations*. London; New York: Tavistock Publications, 1970. (Association of Social Anthropologists Monographs; 9)

Dronke, P. (ed.). *A History of Twelfth - Century Western Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

Dubler, César E. and E. Terés. *La «Materia Médica» de Dioscórides: Transmisión medieval y renacentista*. Barcelona: [Tipografía Emporium], 1953 - 1957.

Dunlop, D. M. *Arab Civilization to A.D. 1500*. Beyrouth: Librairie du Liban; London: Longmans Green, 1971.

Dunstan, G. R. (ed.). *The Human Embryo*. Exeter: University of Exeter Press, 1990.

Eche, Youssef. *Les Bibliothèques arabes publiques et semi - publiques en Mésopotamie, en Syrie et en Egypte au moyen âge*. Damas: [s.n.], 1967.

Elgood, Cyril. *A Medical History of Persia and the Eastern Caliphate, from the Earliest Times until the Year A.D. 1932*. Cambridge, [Eng.]: Cambridge University Press, 1951.

———. *Safavid Medical Practice; or, the Practice of Medicine, Surgery and Gynaecology in Persia between 1500 A.D. and 1750 A.D.* London: Luzac, 1970.

Encyclopédie de l'Islam. Leiden: E. J. Brill; Paris: A Picard et fils, 1913 - 1936. 4 vols. 2ème éd. Leiden: E. J. Brill, 1960 –. 6 vols. parus.

Engeser, M. *Der Liber Servitoris des Abulkasis (936 - 1013), Übersetzung, Kommentar und Nachdruck der Textfassung von 1471*. Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, 1986.

Fakhry, Majid. *A History of Islamic Philosophy*. New York: Columbia University Press, 1970. (Studies in Oriental Culture; no. 5)

Al - Fārābī, Abū Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad. *De scientiis*. Edited by Manuel Alonso. Madrid; Granada: [Escuelas de Estudios Arabes de Madrid y Granada], 1954.

———. *Deux ouvrages inédits sur la rhétorique*. Editė par J. Langhade et M. Grignaschi. Beyrouth: Dar El - Machreq, 1971. (Institut de lettres orientales de Beyrouth, recherches, série 1; t. 48)

———. *Iḥṣā' al - 'Ulūm*. Edited and translated by Angel González Palencia. *Catálogo de las ciencias*. Madrid; Granada: [n. pb.], 1932. 2nd ed. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Patronato Menéndez y Pelayo, Instituto Miguel Asín, 1953.

Festugière, André Marie Jean. *La Révélation d'Hermès Trismégiste*. Paris: Le Coffre, J. Gabalda, 1944 - 1954. 4 vols. (Etudes bibliques)

Forbes, Robert James. *Studies in Ancient Technology*. Leiden: E. J. Brill, 1955 - 1964. 8 vols.

Ganzenmüller, W. *Beiträge zur Geschichte Technologie und der Alchemie*. Weinheim: [n. pb.], 1956.

Garbers, K. *Isḥāq Ibn 'Imrān, Maqāla fī al - Mālīkhūliyā und Constantini Africani libri duo de Melancholia*. Hambourg: Helmut Buske, 1977.

García Ballester, Luis and E. Sanchez Salor. *Arnaldi de Villanova commentum supra tractatum galieni de malicia complexionis diverse*. Barcelona: University of Barcelona, 1985.

Gardet, Louis et Georges C. Anawati. *Introduction à la théologie musulmane: Essai de théologie comparée*. Paris: Vrin, 1948. (Etudes de philosophie médiévale; XXXVII)

Ghālib, E. *Dictionnaire des sciences de la nature*. I-III. Beyrouth: [s. n.], 1965.

Girardus Bituricensis: *Viaticum*. Venise: [n. pb.], 1505.

Glick, Thomas F. *Irrigation and Society in Medieval Valencia*. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1970.

Gmoll, G. *Untersuchungen über die Quellen, den Verfasser und die Abfassungzeit der Geoponica*. Berlin: [n. pb.], 1883.

Goblot, Henri. *Les Qanats: Une technique d'acquisition de l'eau*. Paris; New York: Mouton, 1979. (Industrie et artisanat; 9)

Goitein, Solomon Dob Fritz. *A Mediterranean Society; the Jewish Communities of the Arab World as Portrayed in the Documents of the Cairo Geniza*. Berkeley, Calif.: University of California Press, 1967 - 1971.

Goltz, D. *Mittelalterliche Pharmazie und Medizin, Dargestellt an Geschichte und Inhalt*

des «Antidotarium Nicolai», mit einem Nachdruck der Druckfassung von 1471. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1976.

Grant, Edward (ed.). *A Source Book in Medieval Science.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1974. (Source Books in the History of the Sciences)

Haj, Fareed. *Disability in Antiquity.* New York: Philosophical Library, 1970.

Halleux, Robert. *Les Textes alchimiques.* Turnhout: Brépols, 1979. (Typologie des sources du moyen âge occidental; 32)

——— et J. Schamp. *Les Lapidaires grecs.* Paris: [s. n.], 1985.

Hamarneh, Sami Khalaf and Glenn Sonnedecker. *A Pharmaceutical View of Abulcasis (al - Zahrāwī) in Moorish Spain, with a Special Reference to the «Adhān».* Leiden: E. J. Brill, 1963. (Janus, Suppléments; v. 5)

Handbuch der Orientalistik. Leiden; Cologne: E. J. Brill, 1977.

Harvey, E. Ruth. *The Inward Wits: Psychological Theory in the Middle Ages and Renaissance.* London: Warburg Institute, 1975. (Warburg Institute Survey; 6)

Haskins, Charles Homer. *Studies in the History of Mediaeval Science.* 2nd ed. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1927. Reprinted, New York: Ungar Pub. Co., 1960.

Al - Hassan, Ahmad Youssef and Donald Routledge Hill. *A Short History of Islamic Technology.* Cambridge: Cambridge University Press; UNESCO, [Under Press].

Heinen, Anton M. *Islamic Cosmology: A Study of as - Suyuṭī's al - Hay'a as - Sanīya fī l-Hay'a as-Sunnīya: With Critical Edition, Translation and Commentary.* Beirut: In Kommission Bei Steiner Verlag, 1982. (Beiruter Texte und Studien; Bd. 27)

Hewson, M. Anthony. *Giles of Rome and the Medieval Theory of Conception: A Study of the De Formatione Corporis Humani in Utero.* London: Athlone Press, 1975. (University of London Historical Studies; 38)

Hill, Donald Routledge. *Arabic Water - clocks.* Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1981. (Sources and Studies in the History of Arabic - Islamic Science, History of Technology Series; 4)

———. *A History of Engineering in Classical and Medieval Times.* London: Croom Helm; La Salle, Ill.: Open Court Pub. Co., 1984.

Holmyard, Eric John. *Alchemy.* [Harmondsworth, Eng.]: Penguin Books, 1957. (Pelican Books; A 348)

Hourani, Albert Habib and S. M. Stern (eds.). *The Islamic City: A Colloquium.* Oxford: Bruno Cassirer; Philadelphia: University of Pennsylvania, 1970.

Huard, P. et M. D. Grmek. *Le Premier manuscrit chirurgical turc rédigé par Charaf ed-Din (1465).* Paris: Roger Dacosta, 1960.

Ḥunayn Ibn Isḥāq. *Kītāb al-'ashar maqālāt fī al-'ayn al - mansūb li-Ḥunayn Ibn Isḥāq: The Book of the Ten Treatises on the Eye, Ascribed to Ḥunain Ibn Isḥāq (809 - 877 A.D.).* Edited and translated by Max Meyerhof. Cairo: Government Press, 1928.

———. *Questions on Medicine for Scholars*. Translated and edited by P. Ghalioungui. Cairo: Al - Ahram Center for Scientific Translations, 1980.

Ibn Baṭṭūṭa, Abū 'Abd Allaḥ Muḥammad Ibn 'Abd Allaḥ. *Voyages d'Ibn Batoutah*. Texte arabe accompagné d'une traduction française par C. Defrémery et B.R. Sanguinetti; préface et notes de Vincent Monteil. Paris: Anthropos, 1968. 4 vols. Réimprimé de l'édition de: Paris: Imprimerie nationale, 1854 -.

Ibn Ḥawqal, Abū al - Qāsim Muḥammad. *Ṣūrat al - arḍ*. Leiden: E. J. Brill, 1938 - 1339. Réimprimé: Introduction et traduction avec index par J. H. Kramers et G. Wiet. 2ème éd. Unesco d'œuvres représentatives, série arabe. Paris: Maisonneuve et Larose, 1964 - 1965. 2 vols.

Ibn Jubayr, Muḥammad Ibn Aḥmad. *Voyages*. Traduit et annoté par Maurice Gaudefroy - Demombynes. Paris: P. Geuthner, 1949 - 1965.

Ibn Jumay'. *Treatise to Ṣalāḥ al-Dīn on the Revival of the Art of Medicine by Ibn Jumay'*. Edited and translated by Hartmut Fähndrich. Wiesbaden: [n. pb.], 1983. (Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes; XLVI, 3)

Ibn Khālawayh, Husayn Ibn Aḥmad. *Kitāb aš - Šagar. Ein Botanisches Lexikon zum ersten Male nach einer Berliner Handschrift ediert, mit Einleitung und Kritischen und Erörternden Anmerkungen Versehen*. Vorgelegt von Samuel Nagelberg. Kirchhain: N. - L. Schmersow, 1909.

Ibn Khaldūn. *Al - Muqaddima, Prolégomènes d'Ebn - Khaldoun*. Texte arabe publié d'après les manuscrits de la bibliothèque impériale par M. Quatremère. Paris: Institut impérial de France, 1858; Traduction française par Vincent Monteil. *Discours sur l'histoire universelle (al - Muqaddima)*. Beyrouth: Commission internationale pour la traduction des chefs - d'œuvre, 1967. 3 vols. Réimprimé, Paris: Sinbad, 1978; English translation by Franz Rosenthal. *The Muqaddimah: An Introduction to History*. New York: [n. pb.], 1987.

Ibn Khalliqān. *Wafayāt al-a'yān*. English translation by W. MacGuekin de Slane. *Ibn Khallikān's Biographical Dictionary*. New York; London: [n. pb.], 1968. 4 vols.

Ibn al - Nadīm, Muḥammad Ibn Isḥāq. *Kitāb al-Fihrist*. Mit Anmerkungen hrsg. von Gustav Flügel; nach dessen Tode von Johannes Roediger und August Mueller. Leipzig: F. C. W. Vogel, 1871 - 1872. 2 vols; Edité par Rida Tajaddud. Téhéran: [s. n.], 1391/1971; Traduction anglaise par: Bayard Dodge (ed. and tr.). *The Fihrist of al-Nadīm: A Tenth - Century Survey of Muslim Culture*. New York: Columbia University Press, 1970. 2 vols. (Columbia Records of Civilization, Sources and Studies; no. 83).

Ibn al - Nafīs, 'Alī Ibn Abī al-Ḥazm. *The Theologus Autodidactus of Ibn al - Nafīs*. Edited and translated by Max Meyerhof and Joseph Schacht. Oxford: Clarendon Press, 1968.

Ibn Shākir, Moḥammed Ibn Mūsā. *The Banū (Sons of) Mūsā Ibn Shākir: The Book of Ingenious Devices (Kitāb al - ḥiyal)*. Translated by Donald Routledge Hill. Dordrecht; Boston; London: Reidel Publishing Company, 1979.

Ibn Sīnā, Abū 'Ali Husain Ibn 'Abd Allah. *Al-Qānūn fī al - ṭibb, Book One: Critical*

Edition, Prepared under the Auspices of the Institute of Medicine and Medical Research. New Delhi: Vikas Publishing House, 1982. *Al - Qānūn fī al - ṭibb.* Rome: Typographia Medicea, 1593.

———. *Tis' rasā 'il.* Traduction partielle par Muhsin Mahdi dans: Ralph Lerner and Muhsin Mahdi (eds.). *Medieval Political Philosophy: A Source Book.* Toronto: [n. pb.], 1967.

Iskandar, A. Z. *A Catologue of Arabic Manuscripts on Medicine and Science in the Wellcome Historical Medical Library.* London: Wellcome Institute for the History of Medicine, 1967.

Islamwissenschaftliche Abhandlungen (Mélanges F. Meier). Wiesbaden: Franz Steiner, 1974.

Jābir Ibn Ḥayyān. *Dix traités d'alchimie: Les Dix premiers traités du «Livre des soixante - dix».* Présenté, traduit de l'arabe et commenté par Pierre Lory. Paris: Sindbad, 1983. (La Bibliothèque de l'Islam)

———. *Kitāb al - Sumūm. Das Buch der Gifte des Jābir Ibn Ḥayyān.* Arabischer Text in Faksimile (MS Taymūr, Tibb 393, Kairo); Übersetzt und erläutert von Alfred Siggel. Wiesbaden: Steiner, 1958. (Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Veröffentlichungen der Orientalischen Kommission; XII)

———. *Tadbīr al-iksīr al-a'zam: L'Elaboration de l'élixir suprême* (Quatorze traités de Jābir sur le grand œuvre alchimique). Textes édités et présentés par Pierre Lory. Damas: Institut français d'études arabes, 1988.

Jacquart, Danielle et Françoise Micheau. *La Médecine arabe et l'occident médiéval.* Paris: Maisonneuve et Larose, 1990.

——— et G. Troupeau. *Yūḥannā Ibn Māsawayh: Le Livre des axiomes médicaux, édition du texte arabe et des versions latines avec traduction française et lexique.* Genève: Droz, 1980.

Al - Jazarī, Abū al - Izz Ismail Ibn al-Razzaz. *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices.* Translasted with notes by Donald Routledge Hill. Dordrecht; Boston: Reidel Publishing Company, 1974.

———. *A Compendium on the Theory and Practice of the Mechanical Arts.* Critical edition by Ahmad Y.al-Hasan. Aleppo: University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, 1979.

Jeauneau, E. *Guillaume de Conches: Glosæ super Platonem.* Paris: Vrin, 1965.

Jetter, Dieter. *Geschichte des Hospitals, Bd. IV: Spanien von en Anfängen bis um 1500.* Wiesbaden: Franz Steiner, 1980.

Johnson, W. *Lexicon Chymicum.* London: [n. pb.], 1652 - 1653.

Jolivet, J. et Roshdi Rashed (eds.). *Etudes sur Avicenne.* Paris: Les Belles lettres, 1984.

Jourdain, A. *Mémoire sur l'observatoire de Méragah et sur quelques instruments employés pour y observer.* Paris: [s. n.], 1870.

Kataya, Salame. *Quelle est la différence, diagnostics différentiels de Rhazes.* Aleppo: Aleppo University, 1978.

Al - Kindī, Abū Yussef Yāqub Ibn Isḥāq. *Kitāb Kīmiyā' al-'iṭr wa al-taṣ 'īdāt.* Buch über die Chemie des Parfüms und die Destillationen ein Beitrag zur Geschichte der Arabischen Parfümchemie und Drogenkunde aus dem 5. Jahrh. P.C. übers. von Karl Garbers. Leipzig: F. A. Brockhaus, 1948. (Abhandlungen fur die Kunde des Morgenlandes; 30)

King, David A. and George Saliba (eds.). *From Deferent to Equant: A Volume of Studies in the History of Science in the Ancient and Medieval Near East in Honor of E. S. Kennedy.* New York: New York Academy of Sciences, 1987. (Annals of the New York Academy of Sciences; v. 500)

Klein - Franke, Felix. *Vorlesungen über die Medizin im Islam.* Wiesbaden: Franz Steiner, 1982. (Sudhoffs Archiv; 23)

Krachkovskii, gnatii ÎÛlianovich. *Arabskaya Geografitcheskaya Literatura.* Moscou: [n. pb.], 1955 - 1960.

Kraemer, J. L. *Humanism in the Renaissance of Islam: The Cultural Revival during the Buyid Age.* Leiden: E. J. Brill, 1986.

Kramers, Johannes Hendrick. *Analecta Orientalia, Posthumous Writings and Selected Minor Works.* Leiden: E. J. Brill, 1954 - 1956.

Kraus, Paul. *Jābir Ibn Ḥayyān; contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam.* Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archéologie orientale, 1942-1943. (Mémoires de l'institut d'Egypte; t. 44 - 45). Réimprimé du vol. 2. Paris: Les Belles lettres, 1988.

Kristeller, Paul Oscar. *Studi sulla Scuola Medica Salernitana.* Napoli: Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, 1986.

Al - Kuwārizmī, Abū 'Abd Allāh Muḥammad Ibn Ahmad. *Liber mafātīh al-olūm, explicans vocabula technica scientiarum tam arabum quam peregrinorum, auctore Abū Abdallah Mohammed Ibn Ahmed Ibn Jūsof al - Kātib al - Khowarezmi.* Edidit et indices adjecit G. Van Vloten. Lugduni- Batavorum: E. J. Brill, 1895. Reimprimé, Leiden: E. J. Brill, 1968.

Lacombe, George (ed.). *Aristote les Latinus.* Roma: La Libreria dello Stato, 1939. 2 vols. (Corpus Philosophorum Medii Aevi Academiarum Consociatarum Auspiciis et Consilio Editum [1])

Lagarde, Paul Anton de. *Gesammelte Abhandlungen.* Leipzig: F. A. Brockhaus, 1866.

Latham, J. D. and H. D. Isaacs. *Isaac Judaeus: On Fevers (the Third Discourse: On Consumption), Together with an Appendice Containing a Facsimile of the Latin Version of this Discourse (Venice, 1576).* Cambridge: Pembroke College, 1981. (Arabic Technical and Scientific Texts; 8)

Le Strange, Guy. *Baghdad during the Abbassid Caliphate from Contemporary Arabic and Persian Sources.* Oxford: Clarendon Press, 1900.

———. *The Lands of the Eastern Caliphate: Mesopotamia, Persia, and Central Asia from the Moslem Conquest to the Time of Timur.* London: Frank Cass, 1905. 2nd ed. Michigan: Ann Arbor, 1966.

Leclerc, Lucien. *Histoire de la médecine arabe: Exposé complet des traductions du grec, les sciences en orient, leur transmission à l'occident par les traductions latines.* Paris: Leroux, 1876. 2 vols. Réimprimé, New York: Burt Franklin, 1963.

Leslie, Charles M. (ed.). *Asian Medical Systems: A Comparative Study.* Berkeley, Calif.: University of California Press, 1976.

Levey, Martin. *Early Arabic Pharmacology: An Introduction Based on Ancient and Medieval Sources.* Leiden: E. J. Brill, 1973.

———. *Medical Ethics of Medieval Islam with Special Reference to al - Ruhawi's «Practical Ethics of the Physician».* Philadelphia: American Philosophical Society, 1967. (American Philosophical Society, Philadelphia, Transactions; v. 57, pt. 3)

La Lexicographie du latin médiéval et ses rapports avec les recherches actuelles sur la civilisation du moyen âge. Paris: Editions du C.N.R.S., 1981.

Lindberg, David C. *Theories of Vision from al-Kindī to Kepler.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1976.

——— (ed.). *Science in the Middle Ages.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1978.

Lippmann, Edmund Oskar von. *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, mit einem Anhange: Zur Älteren Geschichte der Metalle; ein Beitrag zur Kulturgeschichte.* vol.1. Berlin: Springer, 1919, and vol.2. Berlin: Springer, 1927.

Little, A. G. and E. Withington. *Opera hactenus inedita Rogeri Baconi, IX, Antidotarium, De erroribus medicorum, De graduatione medicinarum.* Oxford: [n. pb.], 1928.

Lockwood, Dean Putnam. *Ugo Benzi, Medieval Philosopher and Physician, 1376 - 1439.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press, 1951.

Lovejoy, Arthur Oncken. *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1936.

Löw, E. *Aramäische Pflanzennamen.* Leipzig: [n. pb.], 1881.

Lucchetta, Francesca. *Il medico e filosofo Bellunese Andrea Alpago (- 1522), Traduttore di Avicenna; Profilo biografico.* Padova: Editrice Antenore, 1964. (Contributi alla storia dell' Universitā di Padova; 2)

McCulloch, Florence. *Mediaeveal Latin and French Bestiaries.* Chapel Hill.: University of North Carolina, 1960. (North Carolina University, Studies in the Romance Languages and Literatures; no. 38)

McVaugh, Michael R. *Arnaldi de Villanova Aphorismi de gradibus.* Grenade; Barcelone: Université de Barcelone, 1975.

Majno, Guido. *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1973.

Makdisi, George. *The Rise of Colleges: Institutions of Learning in Islam and the West.* Edinburgh: Edinburgh University Press, 1981.

Manget, Jean Jacques. *Bibliotheca Chemica Curiosa.* Geneva: Variorum Reprints,

1702. 2 vols..

Al - Maqrīsī, Abū al - Abbās Ahmed Ibn Alī. *Kitāb al - Khiṭāṭ*. Traduction française partielle par U. Bouriant et P. Casanova. *Description topographique et historique de l'Egypte*. Paris: [s. n.], 1895 - 1900. Réimprimé: Le Caire: Bulaq, 1906-1920.

Les Mardis de Dar el - Salam. Paris: Vrin; Le Caire: Centre d'études Dar el-Salam, 1953.

Marquet, Yves. *La Philosophie des ihwān aṣ-ṣāfā: L'Imam et la société*. Alger: [s. n.], 1975.

Mead, Richard. *A Discourse on the Small - Pox and Measles*. To which is annexed a treatise on the same disease by the celebrated arabian physician Abubekr Rhazes, the whole translated into english, under the author's inspection, by Thomas Stack. London: Brindley; Dublin: Printed by George Faulkner, 1748.

Mélanges d'islamologie: Volume dédié à la mémoire de Armand Abel par ses collègues, ses élèves et ses amis. Edité par Pierre Salmon. Leiden: E. J. Brill, 1974 - 1976. 2 vols. (Correspondance d'orient; no. 13)

Meyer, Ernst Heinrich Friedrich. *Geschichte der Botanik*. Königsberg: Gebrüder Bornträger, 1854 - 1857. 4 vols.

Meyerhof, Max. *Las Operaciones de Catarata de 'Ammār Ibn 'Alī al-Mauṣilī, Oculista de el - Cairo*. Barcelona: Laboratorios del Norte de España, 1937.

———. *Sharḥ asmā' al - 'uqqār (L'Explication des noms de drogues): Un glossaire de matière médicale composé par Maïmonide*. Le Caire: Imprimerie de l'institut français d'archéologie orientale, 1940.

———. *Studies in Medieval Arabic Medicine Theory and Practice*. Edited by Penelope Johnstone. London: Variorum Reprints, 1984.

Miquel, André. *La Géographie humaine du monde musulman jusqu'au milieu du XI^{e} siècle: Les Travaux et les jours*. Paris; La Haye: Mouton et Co., 1967 -. (Civilisations et sociétés; 7, 37). 4 vols.

Möbius, Martin August Johannes. *Geschichte der Botanik*. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 1937.

Montero Cartelle, E. *Constantini liber de coitu, estudio y edicion critica*. Saint - Jacques - de - Compostelle: Université de Saint - Jacques - de - Compostelle, 1983.

Moraux, Paul. *Les Listes anciennes des ouvrages d'Aristote*. Préface par Augustin Mansion. Louvain: Editions universitaires de Louvain, 1951. (Aristote; traductions et études)

Murdoch, J. E. and E. D. Sylla (eds.). *The Cultural Context of Medieval Learning*. Dordrecht; Boston: [n. pb.], 1975.

Needham, Joseph (ed.). *Science and Civilisation in China*. With the research assistance of Wang Ling. Cambridge, [Eng.]: Cambridge University Press, 1954 - 1986. 6 vols. in 12.

Newman, William R. *The Summa Perfectionis of Pseudo-Geber.* A critical edition, translation and study. Leiden: E. J. Brill, 1991.

Orientalia Hispanica: Sive Studia F. M. Pareja Octogenario Dicata. Edited by J. M. Barral. Lugduni - Batavorum: E. J. Brill, 1974 -.

Ottosson, P. G. *Scholastic Medicine and Philosophy.* Napoli: Bibliopolis, 1984.

Pagel, Julius Leopold. *Die Areolæ des Johannes de Sancto Amando.* Berlin: G. Reimer, 1893.

———. *Die Concordanicæ des Johannes de Sancto Amando Nach Einer Berliner und zwei Erfurter Handschriften zum Ersten Male Herausgegeben.* Berlin: Druck und Verlag von G. Reimer, 1894.

Pansier, Pierre. *Collectio ophtalmologica veterum auctorum.* Paris: J. B. Baillière et fils, 1903 - 1933. 2 vols. in 1.

La Persia nel medioevo. Rome: Academia dei Lincei, 1971.

Peters, Francis E. *Aristoteles and the Arabs: The Aristotelian Tradition in Islam.* New York: New York University Press, 1968. (New York University Studies in Near Eastern Civilization; no. 1)

Petry, Carl F. *The Civilian Elite of Cairo in the Later Middle Ages.* Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1981.

Pierre d'Abano. *Conciliator.* Mantoue: [n. pb.], 1472.

Pines, Shlomo. *Beiträge zur Islamischen Atomenlehre.* Berlin: Gräfenhainichen, Gedrukt bei A. Heine, 1936. Arabic translation by Abū Rīda. Cairo: [n. pb.], 1946.

Pingree, David. *Picatrix: The Latin Version of the Ghāyat al - ḥakīm.* London: Warburg Institute, 1986.

Plessner, Martin. *Vorsokratische Philosophie und Griechische Alchemie in Arabisch - Lateinischer Überlieferung: Studien zu Text und Inhalt der Turba Philosophorum.* Wiesbaden: F. Steiner, 1975. (Bœthius; Texte und Abhandlungen zur Geschichte der Exakten Wissenschaften; Bd. 4)

Ploss, C. E. [et al.]. *Alchimie, Ideologie und Technologie.* München: [n. pb.], 1970. Traduction française par: G. Brilli. *L'Alchimie, histoire - technologie - pratique.* Paris: [s. n.], 1972.

Rashed, Roshdi. *Entre arithmétique et algèbre: Recherches sur l'histoire des mathématiques arabes.* Paris: Les Belles lettres, 1984. (Collection sciences et philosophie arabes)

Rath, G. and H. Schipperges. *Medizingeschichte im Spektrum: Festschrift zum Fündsechzigsten Geburstag von Johannes Steudel.* Wiesbaden: Franz Steiner, 1966. (Sudhoffs Archiv; Beihefte, Heft 7)

Al - Rāzi, Abū Bakr Muḥammad Ibn Zakarīyā. *De variolis et morbillis, arabics et latine, com alliis nonnullis eiusdem argumenti.* Edited by Ioanne Channing. London: Bowyer, 1766. English translation by William Alexander Greenhill. *A Treatise on the Small - Pox and Measles.* London: Syndenham Society, 1848.

Reprinted, Baltimore, Mad.: Williams and Wilkins, 1939. (Medical Classics; vol. 4, no. 1)

Renaud, Henri Paul Joseph et Georges S. Colin. *Tuḥfat al - aḥbāb: Glossaire de la matière médicale marocaine.* Paris: P. Geuthner, 1934. (Institut des hautes - études marocains, Rabat; Tome 24)

Rencontres de cultures dans la philosophie médiévale, traductions et traducteurs de l'antiquité tardive au XIV^e siècle. Louvain - la - Neuve - Cassino: Brepols, 1990.

Renouvier, Charles. *Esquisse d'une classification systématique des doctrines philosophiques.* Paris: [s. n.], 1885. 2 vols.

Renzi, Salvatore de. *Collectio Salernitana.* Napoli: Tipografia del Filiatre - Sebezio, 1852 - 1859. 5 vols.

Riddle, John M. *Dioscorides on Pharmacy and Medicine.* Austin, Tex.: University of Texas Press, 1985. (History of Science Series; 3)

Al - Ruhāwi, Ayyūb. *Book of Treasures.* Edited and translated by A. Mingana. Cambridge: Heffer, 1935.

Ruska, Julius. *Arabische Alchemisten.* Heidelberg: C. Winter, 1924 -.

Part I: *Chālid Ibn Jazīd Ibn Mu'āwiya.*

———. *Das Buch der Alaune und Salze.* Berlin: Verlag Chemie, 1935.

———. *Das Steinbuch des Aristoteles.* Heidelberg: C. Winter, 1912.

———. *Studien zu den Chemisch - technischen Rezeptsammlungen des Liber Sacerdotum.* Berlin: [n. pb.], 1936.

———. *Tabula Smaragdina: Ein Beitrag zur Geschichte der Hermetischen Literatur.* Heidelberg: C. Winter, 1926. (Arbelten aus dem Institut für Geschichte der Naturwissenschaft; 4. Heidelberg Akten der von Portheim Stiftung; 16)

Ṣa'id Ibn Aḥmad al - Andalusī. *Kitāb Ṭabaqāt al - Umam (Livre des catégories des nations).* Traduction avec notes et indices précédée d'une introduction par Régis Blachère. Paris: Larose, 1935.

Sayili, Aydin Mehmed. *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory.* Ankara: Türk Tarih Kurumu Basimevi, 1960. (Publications of the Turkish Historical Society; ser. 7, no. 38)

Schacht, Joseph and Max Meyerhof. *The Medico - Philosophical Controversy beṭween Ibn Buṭlan of Bagdad and Ibn Riḍwan of Cairo: A Contribution to the History of Greek Learning among the Arabs.* Cairo: Egyptian University, 1937. (Egyptian University, Faculty of Arts; Publication no. 13)

Schacht, Joseph and C. E. Bosworth (eds.). *The Legacy of Islam.* 2^nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1974.

Schioler, Thorkild. *Roman and Islamic Water - lifting Wheels.* Translated from danish by Pauline M. Katborg. Odense: Odense Universitetsforlag, 1973. (Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 28)

Schipperges, Heinrich. *Die Assimilation der Arabischen Medizin durch das Lateinische*

Mittelalter. Wiesbaden: Franz Steiner, 1964. (Sudhoffs Archiv; 3)

Schöner, Erich. *Das Viererschema in der Antiken Humoralpathologie*. Wiesbaden: Franz Steiner, 1964. (Sudhoffs Archiv; 4)

Schoonheim, P. L. *Aristoteles' Meteorologie. In Arab. u. Lat. Übersetzung. Textkrit. Ausgabe des Ersten Buches*. Leiden: [n. pb.], 1978.

Seidler, E. *Die Heilkunde des Ausgehenden Mittelalters in Paris*. Wiesbaden: Franz Steiner, 1967. (Sudhoffs Archiv; 8)

Sezgin, Fuat. *Geschichte der Arabischen Schrifttums*. Leiden: E. J. Brill, 1967 - 1982. 8vols.

Vol. 3: *Medizin*.

Shah, M. H. *The General Principles of Avicenna's Canon of Medicine*. Karachi: Naveed Clinic, 1966.

Shalaby, Ahmad. *History of Muslim Education*. Beirut: Dar al - Kashshaf, 1954.

Siegel, Rudolph E. *Galen's System of Physiology and Medicine: An Analysis of His Doctrines and Observations on Bloodflow, Respiration, Tumors and Internal Diseases*. Basel; New York: Krager, 1968.

Siggel, Alfred. *Arabisch - Deutsches Wörterbuch der Stoffe aus den drei Naturreichen die in Arabischen Alchemistischen Handschriften Vorkommen, nebst anhang: Verzeichnis Chemischer Geräte*. Berlin: Akademie - Verlag, 1950. (Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Institut für Orientforschung, Veröffentlichung; nr. 1)

———. *Die Indischen Bücher aus dem Paradies der Weisheit über die Medizin des 'Alī Ibn Sahl Rabban at - Tabarī*. Wiesbaden: Franz Steiner, 1950. (Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz, Abhandlungen der Geistes - und Socialwissenschaftlichen Klasse; 14)

Singer, Charles Joseph [et al.] (eds.). *A History of Technology*. Oxford: Clarendon Press, 1954 - 1984. 13 vols. Reprinted, 1979.

Singer, Dorothea Waley. *Catalogue of Latin and Vernacular Alchemical Manuscripts in Great Britain and Ireland, dating from before the XVI Century*. Bruxelles: M. Lamertin, 1928 - 1931.

Siraisi, Nancy G. *Avicenna in Renaissance Italy: The Canon and Medical Teaching in Italian Universities after 1500*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1987.

———. *Taddeo Alderotti and His Pupils*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1981.

Smith, C. S. and J. G. Hawthorne. *Mappæ Clavicula: A Little Key to the World of Medieval Technique*. Philadelphia: [n. pb.], 1974.

Smith, N. A. F. *A History of Dams*. London: Peter Davies, 1971.

———. *Man and Water*. London: Peter Davies, 1975.

Spies, O. and H. Müller - Bütow. *Anatomie und Chirurgie des Schädels Insbesondere*

der Hals -, Nasen - und Ohrenkrankheiten nach Ibn al - Quff. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1971. (Ars Medica; III, 1)

Steinschneider, Moritz. *Die Europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts.* Wien: C. Gerold's Sohn, 1905 - 1906. 2 vols. (Akademie der Wissenschaften, Vienna. Philosophisch - Historische Klasse. Sitzungsberichte, 149, Bd. 4, Abh.; 151. Bd. 1 Abh.)

Storey, Charles Ambrosse. *Persian Literature: A Bio - bibliographical Survey.* London: Luzac, 1927 - 1971. 2 vols in 4.

Vol.2, part 2: *Medicine.*

Stürner, W. *Urso von Salerno De Commixtionibus Elementorum Libellus.* Stuttgart: E. Klett, 1976.

Sublet, Jacqueline. *Le Voile du nom: Essai sur le nom propre arabe.* Paris: Presses universitaires de France, 1991.

Talas, Muḥammad As'ad. *L'Enseignement chez les arabes: La Madrasa Niẓāmiyya et son histoire.* Paris: P. Geuthner, 1939.

Taton, René (ed.). *Histoire générale des sciences.* Paris: Presses universitaires de France, 1966. 3 vols.

Theatrum Chemicum (Recueil de textes alchimiques). Strasbourg: [s. n.], 1659 - 1661. 6vols.

Theophilus. *The Various Arts (De Diversis Atribus).* Translated from the latin with introduction and notes by C. R. Dodwell. London; New York: T. Nelson, 1961. (Medieval Texts)

Thorndike, Lynn and Pearl Kibre (eds.). *A Catalogue of Incipits of Mediaeval Scientific Writings in Latin.* 2nd. ed. London: Medieval Academy of America 1963. (Medieval Academy of America; Publication no. 29)

Travaux et recherches en Turquie. Istanbul: Institut français d'études anatoliennes d'Istanbul, 1982.

Tritton, Arthur Stanley. *Materials on Muslim Education in the Middle Ages.* London: Luzac, 1957.

Trolle, Dyre. *The History of Caesarean Section.* Copenhagen: Reital Booksellers, 1982. (Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium; 33)

Ullmann, Manfred. *Die Medizin im Islam.* Leiden: E. J. Brill, 1970. (Handbuch der Orientalistik. 1. Abt. Der Nahe und der Mettlere Osten. Ergänzungsband 6. Abschnitt 1)

———. *Die Natur - und Geheimwissenschaften im Islam.* Leiden: E. J. Brill, 1972. (Handbuch der Orientalistik; I, VI, 2)

———. *Islamic Medicine.* Edinburgh: Edinburgh University Press, 1978. (Islamic Surveys; 11).

Vajda, Georges. *La Transmission du savoir en Islam (VIIIe - XVIIIe siècles).* Edité par Nicole Cottart. London: Variorum Reprints, 1983. (Collected Studies Series; CS 181)

Vernet, Juan. *Ce que la culture doit aux arabes d'Espagne*. Traduit de l'espagnol par Gabriel Martinez Gros. Paris: Sindbad, 1985. (La Bibliothèque arabe, collection l'histoire décolonisée); Traduction allemande: *Die Spanisch - arabische Kultur in Orient und Okzident*. Zürich; Munich: [n. pb.], 1984.

Vincent de Beauvais. *Speculum Naturale*. Douai: [s. n.], 1624.

Walzer, Richard. *Greek into Arabic: Essays on Islamic Philosophy*. Oxford: Bruno Cassirer, 1962. (Oriental Studies; v. 1)

Warner, George Frederic Julius (Sir) and P. Gilson. *British Museum: Catalogue of Western Manuscripts in the Old Royal and King's Collections*. London: The Trustees, 1921.

Weisser, Ursula. *Das Buch über das Geheimnis der Schöpfung von Pseudo - Apollonius von Tyana*. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1980. (Ars Medica; III)

———. *Zeugung, Vererbung und Pränatale Entwicklung in der Medizin des Arabisch - Islamischen Mittelalters*. Erlangen: Verlagsbuchhandlung Hannelore Lüling, 1983.

Wiedemann, Eilhard E. *Aufsätze zur Arabischen Wissenschaftsgeschichte*. Hildesheim; New York: G. Ilms, 1970. 2 vols. (Collectanea; VI)

Wölfel, H. *Das Arzneidrogenbuch* Circa Instans. Berlin: [n. pb.], 1939.

Wood, Casey Albert. *Memorandum Book of a Tenth Century Oculist for the Use of Modern Ophthalmologists*. A translation of the Tadhkirat of Ali Ibn Isa of Baghdad. Evanston, Ill.: Northwestern University Press, 1936.

Wood Brown, J. *An Enquiry into the Life and Legend of Michael Scot*. Edinburgh: [n. pb.], 1897.

Wulff, Hans E. *The Traditional Crafts of Persia: Their Development, Technology and Influence on Eastern and Western Civilizations*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1966. Reprinted, 1976.

Yāqūt al-Ḥamawī, Ibn 'Abd Allāh. *Irshād al - arīb ilā ma'rifat al-adīb; or, Dictionary of Learned Men of Yāqūt*. Edited by D. S. Margoliouth. Leiden: E. J. Brill, 1907 - 1927. 7 vols. (E. J. W. Gibb Memorial Series; VI)

Periodicals

Anawati, Georges C. «Classification des sciences et structure des *Summæ* chez les auteurs musulmans.» *Revue des études islamiques:* vol. 44, 1976.

———. «Introduction à l'histoire des drogues dans l'antiquité et le moyen âge.» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales:* vol. 5, 1958.

———. «Trois talismans musulmans en arabe provenant du Mali (Marché de Mopti).» *Annales islamologiques:* vol. 11, 1972.

Asín Palacios, Miguel. «Avempace Botánico.» *Al - Andalus:* vol. 5, 1940.

Atech, Ahmed «Ibn Sīnā, Risālat al-iksīr.» *Turkiyat Mecmuasi:* 1952.

———. «Ibn Sīnā ve Elkimyā.» *Ankara Universitesi Ilahiyat Fakultesi Dergisi:* vol. 4, 1952.

Austin, H. D. «Artephius - Orpheus.» *Speculum:* vol. 12, no. 2, April 1937.

Baader, Gerhard. «Early Medieval Latin Adaptations of Byzantine Medicine in Western Europe.» *Dumbarton Oaks Papers:* vol. 38, 1984.

———. «Zur Terminologie des Constantinus Africanus.» *Medizinhistorisches Journal.* Bd. 2, 1967.

Balty - Guesdon, Marie-Geneviève. «Le *Bayt al - ḥikma* de Baghdad.» *Arabica:* vol. 39, 1992.

Basmadjian, K. J. «L'Identification des noms de plantes du Codex Constantinopolitanus de Dioscoride.» *Journal asiatique:* vol. 230, 1938.

Beaujouan, Guy. «Fautes et obscurités dans les traductions médicales du moyen âge.» *Actes du XII^e congrès international d'histoire des sciences, Revue de synthèse:* vols. 49 - 52, 1968.

Beccaria, A. «Sulle tracce di un antico canone latino di Ippocrate e di Galeno.» *Italia medioevale e umanistica:* vol. 14, 1971.

Bergdolt, E. «Beiträge zur Geschichte der Botanik im Orient.» I: Ibn Waḥschija: Die Kultur des Veilchens (Viola odorata L.) und die Bedingungen des Blühens in der Ruhezeit; II: Über einige Popfungen; III: Wasseranzeigende Pflanzen.» *Berichte der Deutschen Botanischen Gessellschaft:* Bd. 50, 1932; Bd. 52, 1934, and Bd. 54, 1936.

Berthelot, Marcellin Pierre Eugène. «Adelard de Bath et la *Mappæ Clavicula (Clef de la peinture)*.» *Journal des savants:* 3^ème série, vol. 4, 1906.

Biesterfeldt, H. H. «Some Opinions on the Physician's Remuneration in Medieval Islam.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 58, 1984.

Blatter, E. «Flora Arabica.» *Records Botanical Survey of India:* vol. 8, 1933.

Brandenburg, D. «Die alten Sternwarten der Mohammedaner.» *Deutsches Ärzteblatt:* Bd. 68, 1971.

Buchtal, H. «Early Islamic Miniatures from Baghdād.» *Journal of the Walters Art Gallery:* vol. 5, 1942.

Bulletin de l'institut d'Egypte: vol. 13, 1930 - 1931.

Bürgel, J. Christoph. «Die Wissenschaftliche Medizin im Kräftefeld der Islamischen Kultur.» *Bustan:* 1967.

Burgham, Edward. «Die Grossmogulin und ihre Ärzte.» *Ciba Zeitschrift:* Bd. 63, no.6, 1938.

Burnett, C. S. F. «The Contents and Affiliation of the Scientific Manuscripts Written at, or Brought to, Chartres in the Time of John of Salisbury.» *The World of John of Salisbury, Studies in Church History, Subsidia:* vol. 3, 1985.

———. «A Group of Arabic - Latin Translators Working in Northern Spain in the Mid - 12^th Century.» *Journal of the Royal Asiatic Society:* 1977.

Cahen, Cl. «Notes pour l'histoire de l'agriculture dans les pays musulmans médiévaux I: Coup d'œil sur la littérature agronomique musulmane hors d'Espagne.» *Jour-*

nal of the Economic and Social History of the Orient: vol. 14, 1971.

Chevreul, E. «Du traité alchimique d'Artéfius.» *Journal des savants:* 1867 and 1868.

Cortabarria - Beitia, A. «La Classification des sciences chez al-Kindī.» *Mélanges de l'institut dominicain d'études orientales du Caire:* vol. 11, 1972.

Creutz, R. «Die Medizinisch - naturphilosophischen Aphorismen und Kommentare des Magister Urso Salernitanus.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin:* Bd. 5, no. 1, 1936.

Crisciani, C. «La *quæstio de alchimia* fra duecento e trecento.» *Medioevo:* vol. 2, 1976.

Curtis, Robert J. «Salted Fish Products in Ancient Medicine.» *Journal for the History of Medicine:* vol. 39, 1984.

Darmstaedter, E. «Liber claritatis.» *Archivo di Storia della Scienza:* vol. 6, 1925; vol. 7, 1926; vol. 8, 1927, and vol. 9, 1928.

———. «*Liber misericordiæ Geber*. Eine Lateinische Übersetzung des Grösseren *Kitāb al-raḥma.» Archiv für Geschichte der Medizin:* Bd. 17, 1925.

Democritus. «Die *Georgika* des Democritos.» *Abhanlungen der Preuss. Akademie der Wissenschaften,* Philosophisch-Historische Klasse: 1921.

Dols, Michael Walters. «Insanity in Byzantine and Islamic Medicine.» *Dumbarton Oaks Papers:* vol. 38, 1984.

———. «The Leper in Medieval Islamic Society.» *Speculum:* vol. 58, no. 4, October 1983.

———. «Leprosy in Medieval Arabic Medicine.» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences:* vol. 34, 1979.

———. «The Origins of the Islamic Hospital: Myth and Reality.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 61, 1987.

———. «Plague in Early Islamic History.» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 94, 1974.

Doresse, Jean. «Alchimie byzantine, alchimie antique et alchimie médiévale.» *Revue des conférences françaises en orient:* 15ème année, no. 3, mars 1951.

Dronke, P. «New Approaches to the School of Chartres.» *Anuario de estudios medievales:* vol. 6, 1969.

Fahd, Touffic. «Conduite d'une exploitation agricole d'après l'*Agriculture nabatéenne.» Studia Islamica:* vol. 32, 1970.

———. «Genèse et cause des saveurs d'après l'*Agriculture nabatéenne.» Mélanges le Tourneau: Revue de l'occident musulman et de la Méditerranée:* vols. 13 - 14, 1973.

Al - Fārābī, Abū Naṣr Muḥammad Ibn Muḥammad. «De ortu scientiarum.» Publié par C. Baeumker. *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster): Bd. 19, no. 3, 1936.

Feigenbaum, A. «Did 'Alī Ibn 'Isā Use General Anaesthesia in Eye Operations?» *British Journal of Ophthalmology:* vol. 44, 1960.

———. «Early History of Cataract and the Ancient Operation for Cataract.» *American Journal of Ophthalmology:* 3rd series, vol. 49, 1960.

Fischer, K. D. and Ursula Weisser. «Das Vorwort zur Lateinischen Übersetzung von Rhazes *Liber continens* (1282).» *Medizinhistorisches Journal:* vol. 21, 1986.

Fobes, F. H. «Medieval Versions of Aristotle's *Meteorologica.» Classical Philology:* vol. 10, 1915.

French, Roger K. «An Origin for the Bone Text of the *Five - Figure Series.» Sudhoffs Archiv:* Bd. 68, 1984.

Fück. «The Arabic Literature on Alchemy according: to Ibn al-Nadīm.» *Ambix:* vol. 4, 1951.

Ganzenmüller, W. (ed.). «Eine Alchemistische Handschrift aus der Zweiten Hälfte des XII. Jahrhunderts.» *Sudhoffs Archiv:* Bd. 39, 1955; Reprinted in: *Beiträge zur Geschichte der Technologie und der Alchemie* (Weinheim): 1956.

García Ballester, Luis. «Arnaud de Vilanova (c. 1240 - 1311) y la reforma de los estudios medicos en Montpellier (1309).» *Dynamis:* vol. 2, 1982.

Glidden, H. W. «The Lemon in Asia and Europe.» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 57, 1937.

———. «Some Supplementary Arabic Literature on the Lemon.» *Journal of the American Oriental Society:* vol. 60, 1940.

Goitein, Solomon Dob Fritz. «The Medical Profession in the Light of the Cairo Geniza Documents.» *Hebrew Union College Annual:* vol. 34, 1963.

Green, Monica H. «The *De genecia* Attributed to Constantine the African.» *Speculum:* vol. 62, no. 2, April 1987.

Gundissalinus. «De divisione philosophiæ.» Edited by L. Baur. *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster): Bd. 4, 1903.

Gutas, Dimitri. «Paul the Persian on the Classification of the Parts of Aristotle's Philosophy: A Milestone between Alexandria and Baghdād.» *Der Islam:* Bd. 60, 1983.

Halleux, Robert. «Albert le Grand et l'alchimie.» *Revue des sciences philosophiques et théologiques:* vol. 66, 1982.

——— et Meyvaert. «Les Origines de la *Mappæ Clavicula.» Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge:* 1987.

Hamarneh, Sami Khalaf. «Development of Hospitals in Islam.» *Journal of the History of Medicine:* vol. 17, 1962.

———. «Excavated Surgical Instruments from Old Cairo, Egypt.» *Annali dell' Istituto e Museo di Storia della Scienze di Firenze:* vol. 2, no. 1, 1977.

———. «Origin and Functions of the *Ḥisbah* System in Islam and Its Impact on the Health Professions.» *Sudhoffs Archiv:* Bd. 48, 1964.

Hau, F. R. «Die Bildung des Arztes im Islamischen Mittelalter.» *Clio Medica:* Bd. 23, 1978, and Bd. 24, 1979.

———. «Razis Gutachten über Rosenschnuphen.» *Medizinhistoriches Journal:* Bd. 10, 1975.

———. «Taqrīr al-Rāzī ḥawl al-zukām al-muzmin 'inda tafattuḥ al-ward.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 1, 1977.

Holmyard, Eric John. «Abū 'l - Qāsim al-'Irāqī.» *Isis:* vol. 8, no. 27, 1926.

———. «Aidamir al - Jildakī.» *Iraq:* vol. 4, 1937.

Inayatullah, Sh. «Bibliophilism in Medieval Islam.» *Islamic Culture:* vol. 12, no. 1, 1938.

———. «Contributions to the Historical Study of Hospitals in Medieval Islam.» *Islamic Culture:* vol. 18, no. 1, 1944.

Iskandar, A. Z. «Galen and Rhazes on Examining Physicians.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 36, 1962.

Ittig, Annette. «A Talismanic Bowl.» *Annales islamologiques:* vol. 18, 1982.

Jacquart, Danielle. «A l'aube de la renaissance médicale des XI^e^ - XII^e^ siècles: L'*Isagoge Johannitii* et son traducteur.» *Bibliothèque de l'école des chartes:* vol. 144, 1986.

———. «Arabisants du moyen âge et de la renaissance: Jérôme Ramusio correcteur de Gérard de Crémone.» *Bibliothèque de l'école des chartes:* vol. 147, 1989.

———. «Le Regard d'un médecin sur son temps: Jacques Despars (1380 - 1458?).» *Bibliothèque de l'école des chartes:* vol. 138, 1980.

Jadon, Samira. «A Comparison of the Wealth, Prestige, and Medical Works of the Physicians of Ṣalāḥ al - Dīn in Egypt and Syria.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 44, 1970.

———. «The Physicians of Syria during the Reign of Ṣalāḥ al - Dīn 570 - 589 A.H./ 1174 - 1193 A.D.» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences:* vol.25, 1970.

Johnstone, Penelope. «Tradition in Arabic Medicine.» *Palestine Exploration Quarterly:* vol. 107, January - June 1975.

Jourdan, M. D. «The Construction of a Philosophical Medicine: Exegesis and Argument in Salernitan Teaching on the Soul.» *Osiris:* 2nd series, no. 6, 1990.

———. «Medicine as Science in the Early Commentaries on Johannitius.» *Traditio:* vol. 43, 1987.

Kahle, P. «Ibn Samjūn und seine Drogenbuch: Ein Kapitel aus den Anfängen der Arabischen Medizin.» *Documenta Islamica Inedita:* 1952.

Kennedy, Edward Stewart. «A Letter of Jamshīd al-Kāshī to His Father: Scientific Research and Personalities at a 15th Century Court.» *Orientalia* (N.S.): vol. 29, 1960.

Khadr, Mohammed. «Deux actes de *waqf* d'un Qarakhānide d'Asie Centrale.» *Journal asiatique:* tome 255, 1967.

Al - Kindī, Abū Yussef Yāqub Ibn Isḥāq. «Al-Kindi, Tideus und Pseudo-Euclid: Drei

Optische Werke.» Edited by Axel A. Björnbo and Seb Vogl. *Abhandlung zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften:* Bd. 26, no. 3, 1912.

———. «Studi su al - Kindi. I: Uno scritto introduttivo allo studio di Aristotele.» Edited by M. Guidi and R. Walzer. *Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei:* vol. 334, 1940.

Kraus, Paul. «Julius Ruska.» *Osiris:* vol. 5, 1938.

Leiser, Gary. «Medical Education in Islamic Lands from the Seventh to the Fourteenth Century.» *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences:* vol. 38, 1983.

Levey, Martin. «Fourteenth Century Muslim Medicine and the *Ḥisba.» Medical History:* vol. 7, 1963.

———. «Ibn Waḥshiya's Book of Poisons: *Kitāb al - Sumūm:* Studies in the History of Arabic Pharmacology II.» *Journal for the History of Medicine and Allied Sciences:* vol. 18, 1963.

———. «Some Eleventh Century Medical Questions Posed by Ibn Buṭlān and Later Answered by Ibn Ithirdī.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 39, 1965.

Levi della Vida, G. «Something More about Artefius and His *Clavis Sapientiæ.» Speculum:* vol. 13, no. 1, January 1938.

Lewin, Bernard. «The Third Part of *Kitāb al - Nabāt* of Abū Ḥanīfa al - Dīnawarī.» *Orientalia Suecena:* vol. 9, 1960.

Mackensen, Ruth S. «Background of the History of Moslem Libraries.» *American Journal of Semitic Languages and Literatures:* vol. 51, January 1935, and vol. 52, October 1935 - January 1936.

———. «Four Great Libraries of Medieval Baghdad.» *Library Quarterly:* vol. 2, no. 3, July 1932.

———. «Moslem Libraries and Sectarian Propaganda.» *American Journal of Semitic Languages and Literatures:* vol. 51, January 1935.

McVaugh, Michael R. «The *Experimenta* of Arnald of Villanova.» *Journal of Medieval and Renaissance Studies:* vol. 1, 1971.

Maurach, G. «Daniel von Morley *Philosophia.» Mittellateinisches Jahrbuch:* Bd. 13, 1979.

———. «Johannicius, Isagoge ad Techne Galieni.» *Sudhoffs Archiv:* Bd. 62, 1978.

Mehren. «Vue d'Avicenne sur l'astrologie et sur le rapport de la responsabilité humaine avec le destin.» *Muséon:* vol. 3, 1884.

Meyerhof, Max. «'Alī aṭ-Ṭabarī's *Paradise of Wisdom,* One of the Oldest Arabic Compendium of Medicine.» *Isis:* vol. 16, no. 48, 1931.

———. «Esquisse d'histoire de la pharmacologie et de la botanique chez les musulmans d'Espagne.» *Al- Andalus:* vol. 3, 1935.

———. «The History of Trachoma Treatment in Antiquity and during the Arabic Middle Ages.» *Bulletin de la société d'ophtalmologie d'Egypte:* vol. 29, 1936.

———. «Sultan Saladin's Physician on the Translation of Greek Medicine to the Arabs.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 18, no. 1, 1945.

———. «Thirty - three Clinical Observations by Rhazes (Circa 900 A.D.).» *Isis:* vol.23, no. 66, 1935.

———. «Über die Pharmacologie und Botanik des Aḥmad al-Ghāfiqī.» *Archiv für Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaft:* Bd. 13, 1930.

Micheau, Françoise. «Au Proche - Orient, les parfums du savoir.» *La Bibliothèque, miroir de l'âme, miroir du monde, autrement:* vol. 121, avril 1991.

———. «Hommes de sciences au prisme d'Ibn al-Qifṭī.» *Intellectuels et militants dans le monde islamique, cahiers de la Méditerranée:* vol. 37, 1988.

Mieli, A. «Botanica teorica y applicada entre los Arabes.» *Archeion:* vol. 23, 1941.

Minio Paluello, L. «Henri Aristippe, Guillaume de Moerbeke et les traductions latines médiévales des *Météorologiques* et du *De generatione et corruptione* d'Aristote.» *Revue philosophique de Louvain:* vol. 45, 1947.

Muckle, J. T. «Isaac Israeli Liber de Definicionibus.» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge:* vols. 12 - 13, 1937 - 1938.

Nallino, Carlo Alfonso. «L'Agricultura di Cassiano Basso Scolastico.» *Browne Festschrift.* 1922.

Nau, M. F. «Une ancienne traduction latine du Bélinous arabe (Apollonius de Tyane).» *Revue de l'orient chrétien:* vol. 12, no. 2, 1908.

Oder, S. «Beiträge zur Geschichte der Landwirtschaft bei den Griechen.» *Reheinisch Museum:* Bd. 45, 1890.

O'Neill, Ynez Violé. «The Fünfbilderserie: A Bridge to the Unknown.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 51, 1977.

Otte, J. K. «The Life and Writings of Alfredus Anglicus.» *Viator:* vol. 3, 1972.

———. «The Role of Alfred of Sareshel (Alfredus Anglicus) and His Commentary on the Metheora in the Reacquisition of Aristotle.» *Viator:* vol. 7, 1976.

Pinto, Olga. «Le Biblioteche degli Arabi nell' età degli Abassidi.» *Bibliofilia:* vol. 30, 1928. Translated from the italian by F. Krenkow. «The Libraries of the Arabs during the Time of the Abbasides.» *Islamic Culture:* vol. 3, April 1929.

Raḥman, Fazlur. «Islam and Health (Some Theological, Historical and Sociological Perspectives).» *Hamdard Islamicus:* vol. 5, no. 4, Winter 1982.

Reitzenstein, R. «Alchemistische Lehrschriften und Märchen bei den Arabern.» *R.G.V.V.:* Bd. 19, 1923.

Renaud, H. P. J. «La Contribution des arabes à la connaissance des espèces végétales: Les Botanistes musulmans.» *Bulletin de la société des sciences naturelles du Maroc:* vol. 15, 1935.

———. «Un essai de classification botanique dans l'œuvre d'un médecin marocain du XVI[e] siècle.» *Mélanges H. Basset:* vol. 2, 1928.

Richter, P. «Beiträge zur Geschichte der Pocken bei den Arabern.» *Archiv für*

Geschichte der Medizin: Bd. 5, 1912.

Rose, V. «Aristoteles de Lapidibus und Arnoldus Saxo.» *Zeitschrift für Deutsches Altertum:* Bd. 18, no. 6, 1875.

———. «Die Handschriften - Verzeichnisse der Königlichen Bibliothek zu Berlin XIII.» *Verzeichniss der Lateinischen Handschriften:* Bd. 2, no. 3, 1905.

Rosenthal, Franz. «An Ancient Commentary on the Hippocrate Oath.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 30, 1956.

———. «The Defense of Medicine in the Medieval Islamic World.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 43, 1969.

———. «Life is Short, the Art is Long: Arabic Commentaries on the First Hippocratic Aphorism.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 40, 1966.

———. «The Physician in Medieval Muslim Society.» *Bulletin of the History of Medicine:* vol. 52, 1978.

Ruska, Julius. «Der Urtext der *Tabula Chemica.*» *Archeion:* Bd. 16, 1934.

———. «Die Alchemie ar - Rāzī's.» *Der Islam:* Bd. 22, 1935.

———. «Die Alchemie des Avicenna.» *Isis:* vol. 21, no. 60, 1934.

———. «Methods of Research in the History of Chemistry.» *Ambix:* vol. 1, 1937.

———. «Pseudoepigraphische Rasis - Schriften.» *Osiris:* vol. 7, 1939.

———. «Al - Razi's Buch Geheimnis der Geheimnisse.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin:* Bd. 6, 1937.

———. «Al - Razi (Rhases) als Chemiker.» *Zeitschrift für Angewandte Chemie:* Bd. 35, 1922.

———. «Studien zu Muḥammad Ibn Umail.» *Isis:* vol. 24, no. 68, 1935 - 1936.

———. «Turba Philosophorum, ein Beitrag zur Geschichte der Alchemie.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin:* 1931.

———. «Übersetzung und Bearbeitungen von al-Rhazis Buch Geheimnis der Geheimnisse.» *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin:* Bd. 4, 1935.

———. «Zwei Bücher de Compositione Alchemiæ und ihre Vorreden.» *Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik:* Bd. 11, 1928.

Sabra, A. I. «The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam: A Preliminary Statement.» *History of Science:* vol. 25, 1987.

Savage - Smith, Emilie. «Hellenistic and Byzantine Ophthalmology: Trachoma and Sequelae.» *Dumbarton Oaks Papers:* vol. 38, 1984.

———. «Ibn al - Nafīs's *Perfected Book on Ophthalmology* and His Treatment of Trachoma and Its Sequelae.» *Journal for the History of Arabic Science:* vol. 4, 1980.

———. «Some Sources and Procedures for Editing a Medieval Arabic Surgical Tract.» *History of Science:* vol. 14, no. 26, December 1976.

Schacht, Joseph. «Ibn al-Nafīs, Servetus and Columbus.» *Al - Andalus:* vol. 22, 1957.

Schipperges, H. «Die Schulen von Chartes unter dem Einfluss des Arabismus.» *Sudhoffs Archiv:* Bd. 40, 1956.

Scot, Michael. «The Texts of Michael Scot's Ars Alchimiæ.» Edited by S. Harrison Thompson. *Osiris:* vol. 5, 1938.

Silverstein, T. «Liber Hermetis Mercurii Triplicis de VI rerum principiis.» *Archives d'histoire doctrinale et littéraire du moyen âge:* vol. 22, 1955.

Singer, Dorothea Waley. «Alchemical Texts, Bearing the Name of Plato.» *Ambix:* vol.2, 1946.

Smith, C. D. and J. C. Hawthorne. in: *Transactions of the American Philosophical Society:* vol. 64, no. 4, 1974.

Sourdel, Dominique. «Réflexions sur la diffusion de la Madrasa en orient du XI^e au XIII^e siècle.» *Revue des études islamiques:* vol. 44, 1976.

Spies, O. and Hans - Jürgen Thies. «Die Propädeutik der Arabischen Chirurgie nach Ibn al - Quff.» *Sudhoffs Archiv:* Bd. 55, 1971.

Stapleton, H. E. «Further Notes on the Arabic Alchemical Manuscripts in the Libraries of India.» *Isis:* vol. 26, no. 71, 1936.

——— and Azo. «Alchemical Equipment in the Eleventh Century A.D.» *Memoirs of the Asiatic Society of Bengal* (Calcutta): vol. 1, no. 4, 1905.

Stapleton, H. E. [et al.]. «Two Alchemical Treatises Attributed to Avicenna.» *Ambix:* vol. 10, 1962.

Stavenhagen, L. «The Original Text of the Latin Morienus.» *Ambix:* vol. 17, 1970.

Steele, R. and D.W. Singer. «The Emerald Table.» *Proceedings of the Royal Society of Medicine, Section of the History of Medicine:* vol. 21, 1927.

Sudhoff, K. [édition de traités sur la peste]. *Archiv für Geschichte der Medizin:* Bd. 2 - 17, 1909 - 1925.

———. «Die Kurze *Vita* und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona.» *Archiv für Geschichte der Medizin:* Bd. 8, 1914.

———. «Die Vierte Salernitaner Anatomie.» *Archiv für Geschichte der Medizin:* Bd. 20, 1928.

Al - Suyūṭī. «Ṭibb-ul-Nabbi or Medicine of the Prophet Being a Translation of Two Works of the Same Name, I: The Ṭibb-ul-Nabbi of al-Suyūṭī; II. The Ṭibb-ul-Nabbi of Maḥmūd Ibn Mohamed al-Chaghhayni, Together with Introduction, Notes and a Glossary.» *Osiris:* vol. 14, 1962.

Terzioglu, Arslan. «Mittelalterliche Islamische Krankenhäuser.» *Annales de l'université d'Ankara:* vol. 13, 1974.

Turāb 'Alī, H. E. Stapleton and M. Hidāyat Husain. «Three Arabic Treatises on Alchemy by Muhammad Ibn Umail (10^th Century A.D.).» *Memoirs of the Asiatic Society of Bengal:* vol. 12, no. 1, 1933.

Ullmann, Manfred. «Ḫālid Ibn Yazīd und die Alchemie: Eine Legende.» *Der Islam:* Bd. 55, 1978.

Wack, Mary Frances. «The *Liber de heros morbo* of Johannes Afflacius and Its Implications for Medieval Love Conventions.» *Speculum:* vol. 62, no. 2, April 1987.

Wattson, Andrew M. «The Arab Agricultural Revolution and Its Diffusion, 700 - 1100.» *Journal of Economic History:* vol. 34, 1974.

Wiedemann, Eilhard E. «Aus der Botanik des Muslimischen Volkes.» *Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik:* Bd. 3, 1912.

———. «Über den Abschnitt über die Pflanzen bei Nuwayrī.» *Sitzungsberichte der Physicalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen:* Bd. 48 - 49, 1916 - 1917.

———. «Über den Zucker bei den Muslimen.» *Sitzungsberichte der Physicalisch - medizinischen Sozietät in Erlangen:* Bd. 48 - 49, 1916 - 1917.

———. «Übersetzungen und Besprechung des Abschnitts über der Pflanzen von Qazwīnī.» *Sitzungsberichte der Physicalisch - medizinischen Sozietät in Erlangen:* Bd. 48 - 49, 1916 - 1917.

Wielgus, S. (ed.). «Quæstiones Nicolai Peripatetici.» *Mediaevalia Philosophica Polonorum:* vol. 17, 1973.

Wiet, G. «Recherches sur les bibliothèques égyptiennes aux X^e et XI^e siècles.» *Cahiers de civilisation médiévale:* vol. 6, 1963.

Wüstenfeld, E. «Der Imām al - Shāfi'i und seine Anhänger.» *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaft zur Göttingen:* Bd. 37, 1891.

Zeitschrift für Assyriologie: Bd. 24, 1910, and Bd. 25, 1911.

Zimmermann, F. W. «The Chronology of Isḥāq Ibn Ḥunayn's Ta'rīḫ al - aṭibbā'.» *Arabica:* vol. 21, no. 3, October 1974.

Conferences

Actes du 110^e congrès national des sociétés savantes, section d'histoire des sciences, II. Paris: C.T.H.S., 1985.

Bulletin of Islamic Medicine, vol. 2: Proceedings of the Second International Conference on Islamic Medicine: No. III: *Contribution of Moslem Scholars to Anatomy and Surgery and the Influence of Islamic Heritage on the Other Civilizations.* Kuwait: Islamic Medicine Organization and Kuwait Foundation for Advancement of Sciences, 1402/1982.

Colloques internationaux de la Napoule - Islam et occident au moyen âge, I. L'Enseignement en Islam et en occident au moyen âge, 1976.

Convegno Internazionale (9 - 15 Aprile 1969), Tema: Oriente e Occidente nel Medievo. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei, 1971.

Les Entrées dans la vie initiations et apprentissages, XII^e congrès de la société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public. Nancy: [s. n.], 1981.

O'Malley (ed.). *An International Symposium... 1968.* 1970.

Proceedings of the VI^th Congress of Arabic and Islamic Studies (Stockholm, 1972).

Stockholm: [n. pb.], 1975. (Vitterhets - historie och Antivitetsakademiens Handlingar, Filogisk - filosofiska Serien; 15)

Theses

Balty - Guesdon, D. G. «Le Bayt al-ḥikma.» (Mémoire de D.E.A., Paris, 1986). (Dactylographié).

El - Khatib, Najet. «Les Hôpitaux dans l'Islam médiéval en Irak, en Syrie et en Egypte.» (Thèse de 3ème Cycle, Paris, 1976). (Dactylographié).

Sayili, Aydin Mehmed. «The Institutions of Science and Learning.» (Thesis, Harvard University, 1941).

Schmuker, Werner. «Die Pflanzliche und Mineralische *Materia Medica* im *Firdaus al - Ḥikma* des 'Alī Ibn Sahl Rabbān al - Ṭabarī.» (Dissertation, Bonn, 1969).

Silberberg, B. «Das Pflanzenbuch des Abū Ḥanīfa Aḥmed Ibn Dā'ūd al - Dīnawarī: Ein Beitrag zur Geschichte der Botanik bei den Arabern.» (Dissertation, Breslau, 1910).

Volger, L. «Der Liber Fiduciæ de Simplicibus Medicinis des Ibn al - Jazzār in der Übersetzung von Stephanus de Saragossa.» Übertragen aus Handschrift München, Cod. Lat. 253. (Dissertation, Würzburg, 1941).

فهارس

١ ـ فهرس الأعلام

- ب -

ـ ت ـ

ـ ث ـ

- ج -

- ح -

ـ ذ ـ

ـ ر ـ

- ز -

- س -

ـ ش ـ

ـ ق ـ

ـ ك ـ

ـ ل ـ

- ن -

ـ هـ ـ

ـ و ـ

- ي -

٢ ـ فهرس الموضوعات

- ث -

- ج -

- ح -

- خ -

ـ د ـ

ـ ذ ـ

ـ ر ـ

ـ ز ـ

ـ ظ ـ

ـ ع ـ

ـ غ ـ

ـ ف ـ

ـ ق ـ

ـ ك ـ

ـ ل ـ

ـ م ـ

ـ ن ـ

ـ هـ ـ

ـ و ـ

ـ ي ـ

٣ ـ فهرس الكتب والمخطوطات

- ز -

- س -

- ش -

ـ ص ـ

ـ ض ـ

ـ ط ـ

ـ ظ ـ

ـ ع ـ

ـ غ ـ

ـ ف ـ

ـ ق ـ

ـ ك ـ

ـ ل ـ

ـ م ـ

- ن -

- هـ -

- و -

- A -

- G -

- H -

- I -

- L -

هذا الكتاب

منذ أن رأى تاريخ العلوم النور كحقل معرفة في القرن الثامن عشر آخذاً مكانه في القلب من «فلسفة التنوير»، لم ينقطع اهتمام فلاسفة ومؤرخي العلوم بالعلم العربي وتوسلهم لدراسته، أو لدراسة بعض فصوله على الأقل. فعلى غرار كوندورسيه، رأى بعضهم في العلم العربي استمراراً لتقدم «الأنوار» في فترة هيمنت فيها «الخرافات والظلمات»؛ أما بعضهم الآخر مثل مونتوكلا خاصة، فقد اعتبر دراسته ضرورة لا لرسم اللوحة التاريخية الإجمالية لتطور العلوم فحسب، بل لتثبيت وقائع تاريخ كل من الفروع العلمية أيضاً. لكن الفلاسفة والمؤرخين لم يتلقوا من العلم العربي سوى أصداء حملتها إليهم الترجمات اللاتينية القديمة.

من هنا، فإن هذا الكتاب قد صمم وحقق لكي يكون لبنة في صرح كتابة تاريخ العلم العربي بشكل موثق توثيقاً كاملاً. إنه في الواقع تركيب أول لم ينفذ مطلقاً من قبل على هذا الشكل. لقد أضحى هذا التركيب ممكناً اليوم نتيجة الأبحاث التي ما زالت تتراكم منذ القرن المنصرم، والتي نشطت بدءاً من خمسينيات القرن الحالي. وقد التمسنا إسهامات ذوي الاختصاص في كل من الفصول الثلاثين التي تؤرخ لأصناف العلوم العربية وتوثق لها بالصور والجداول. ويشكل هؤلاء فريقاً دولياً من الاختصاصيين، من أوروبا وأمريكا والشرق الأوسط وروسيا لإنجاز هذا الكتاب على نحو مرجعي حق يغطي مجالات مختلفة كالفلك والرياضيات والبصريات والطب والموسيقى والملاحة والمؤسسات العلمية. إن القارىء سيجد نفسه أمام كتاب في تاريخ العلم على امتداد حوالى سبعة من القرون.

وتشتمل موسوعة تاريخ العلوم العربية على ثلاثة أجزاء:

الجزء الأول : **علم الفلك النظري والتطبيقي.**

الجزء الثاني : **الرياضيات والعلوم الفيزيائية.**

الجزء الثالث: **التقانة ـ الكيمياء ـ علوم الحياة.**

مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «سادات تاور»، شارع ليون، ص. ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣
الحمراء ـ بيروت ٢٠٩٠ ١١٠٣ ـ لبنان

تلفون: ٨٦٩١٦٤ ـ ٨٠١٥٨٢ ـ ٨٠١٥٨٧

برقياً: «مرعربي» ـ بيروت

فاكس: ٨٦٥٥٤٨ (٩٦١١)

e-mail: info@caus.org.lb

Web site: http://www.caus.org.lb

علي مولا

الطبعة الثانية

ثمن الاجزاء الثلاثة

٣٠ دولاراً أو ما يعادلها

ISBN 9953-450-73-0

